ISSN 2713-3184

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»

Совет молодых ученых и специалистов

Студенческое научное общество

Научный журнал молодых ученых

№3(43), Сентябрь 2025

Научный журнал молодых ученых №3(43)

Сентябрь 2025

Теоретический и научно-практический журнал. Основан в 2013 году.
Реестровая запись СМИ серия ПИ № ФС77-70704 от 15 августа 2017 года, зарегистрирован Роскомнадзором.
Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина» (ФГБОУ ВО Орловский ГАУ).

Главный редактор:
Березина Н.А., д.т.н.

Заместитель главного редактора:
Шестаков Р.Б., к.э.н.

Редакционная коллегия:

Арсланова Л.Р., к.б.н.
Бураева Е.В., к.э.н.
Буяров В.С., д.с.-х.н.
Виноградов А.В., д.т.н.
Дорофеев А.Ф., д.э.н.
Кавтарашвили А.Ш., д.с.-х.н.
Лобков В.Т., д.с.-х.н.
Ляшук Р.Н., д.с.-х.н.
Мотин Д.В., к.т.н.
Мысишин И.С., к.п.н.
Петрова С.Н., д.с.-х.н.
Пименов Н.В., д.б.н.
Прока Н.И., д.э.н.
Сазонова В.В., д.в.н.
Соловьев Р.Ю., к.т.н.
Чекалин Е.И., к.с.-х.н.

Ответственный секретарь:
Козлова Т.А., к.т.н.

Адрес редакции и издателя:
302019, Орловская обл., г. Орел, ул. Генерала Родина, 69, Молодежный центр, каб. 202
Тел.: +7 (4862) 76-18-65
Факс: +7 (4862) 76-06-64
E-mail: nich@orelsau.ru
Website:http://www.orelsau.ru/science/nauchnyy-zhurnal-molodykh-uchenykh/

Журнал включен в библиографическую базу данных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Дата выхода в свет:
02.10.2025 г.

Бесплатно.

Точка зрения редакционного совета может не совпадать с мнением авторов статей.

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

Сельскохозяйственные науки

Гаврилова Н.А., Ширенкова А.С.
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ В ТЕНЕВЫХ УЧАСТКАХ САДА ... 2

Евсютичева П.Е.
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДА ОРЛА И ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ 7

Трошина Е.А.
АНАЛИЗ ПРИЕМОВ ЛАНДШАФТНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ДОСУГОВО-СПОРТИВНОГО ЦЕНТРА В Д. ОБРАЗЦОВО ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ 11

Технические науки

Болотова А.А., Мулюкина А.Н., Синицына В.С.
ЭКОНОМИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОДНОПРОЛЁТНОЙ ТЕПЛИЦЫ СО СТЕКЛЯННЫМ ОГРАЖДЕНИЕМ 15

Лансберг А.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 0,4 кВ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ С РАЗНЫМИ СХЕМАМИ И ГРУППАМИ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК 23

Щукина А.А., Павлюченков В.А.
РАЦИОНАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ШАМПИНЬОННИЦЫ ... 32

Экономические науки

Шевченко Е.И.
ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОНОМИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В 2025-2027 ГОДАХ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 38

16+ ©ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2025.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 635.922

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦВЕТОЧНЫХ РАСТЕНИЙ В ТЕНЕВЫХ УЧАСТКАХ САДА

Гаврилова Н.А., Ширенкова А.С., бакалавры 3 курса
направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура».
Научный руководитель: к.с.-х.н., доцент Ширяева Н.А.
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

АННОТАЦИЯ
Теневые участки сада часто воспринимаются как проблемные зоны, где мало что может расти и цвести. Однако это распространенное заблуждение. При правильном подходе и грамотном выборе растений даже самый затененный участок сада можно превратить в живописный и уютный оазис, полный очарования и таинственности. Более того, теневые сады обладают своей неповторимой магией, которой лишены залитые солнцем пространства. Тень создает ощущение прохлады, уединения и покоя. Это идеальное место для отдыха в жаркий летний день, для тихого созерцания и расслабления. Извилистые дорожки, укрытые под тенью деревьев, укромная скамья, небольшой водоем или фонтанчик, декоративные камни, покрытые мхом, или старинные садовые скульптуры – все это добавит вашему теневому уголку загадочности и индивидуальности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Теневой сад, цветочные растения, теневыносливые растения, многолетники, дизайн, композиция.

ABSTRACT
Shady areas of the garden are often perceived as problem areas where little can grow and bloom. However, this is a common misconception. With the right approach and the right choice of plants, even the most shaded area of the garden can be transformed into a picturesque and cozy oasis full of charm and mystery. Moreover, shadow gardens have their own unique magic, which is devoid of sunlit spaces. The shade creates a feeling of coolness, solitude and peace. It is an ideal place to relax on a hot summer day, for quiet contemplation and relaxation. Winding paths hidden under the shade of trees, a secluded bench, a small pond or fountain, decorative stones covered with moss, or antique garden sculptures – all this will add mystery and personality to your shadow corner.

KEYWORDS
Shade garden, plants for shade, flower plants, shade-tolerant plants, perennials for shade, shade garden design, compositions in the shade.

Введение. Создание теневыносливых цветников обусловлено широким распространением затененных участков в садах и парках, а также растущим интересом к созданию разнообразных и эстетически привлекательных ландшафтных композиций в условиях недостаточного солнечного освещения. Традиционные подходы к озеленению часто игнорируют потенциал теневых зон, оставляя их пустыми или засаженными ограниченным количеством видов растений. Однако, богатый ассортимент теневыносливых травянистых растений позволяет создавать яркие и динамичные цветники, подчеркивающие красоту и уникальность затененных участков садов.

Целью данного исследования является изучение ассортимента теневыносливых растений и возможности их применения в теневых участках сада средней полосы России.

Задачами данного исследования являются изучение ассортимента теневыносливых растений, особенностей их применения в теневых участках сада с созданием атмосферы, в которой мягкий и рассеянный свет придает растениям особую глубину цвета и фактуры. В тени на первых план выходят не столько яркие цветы, сколько красота листвы. Огромное разнообразие форм и размеров, оттенков зеленого, серебристо желтого и даже пурпурного, а также различные текстуры листьев (гладкие, морщинистые, бархатистые, резные) позволяет создавать невероятно богатые и сложные композиции.

Методы исследования. В данной работе были использованы следующие методы: правило «золотого сечения» и метод «гармонии цветовых сочетаний». В тени особый микроклимат, почва дольше сохраняет влагу, а температура воздуха ниже. Это благоприятно для многих растений, которые страдают от перегрева и засухи на открытом солнце. Также существует целый мир растений, который эволюционно приспособился именно к условиям недостаточного освещения. Это теневыносливые и тенелюбивые виды, которые на солнце будут чувствовать себя угнетенно, а в тени раскроют всю свою красоту.

Результаты исследования. В тени особый микроклимат, почва дольше сохраняет влагу, а температура воздуха ниже. Это благоприятно для многих растений, которые страдают от перегрева и засухи на открытом солнце. Также существует целый мир растений, который эволюционно приспособился именно к условиям недостаточного освещения. Это теневыносливые и тенелюбивые виды, которые на солнце будут чувствовать себя угнетенно, а в тени раскроют всю свою красоту.

Важно понимать, что «тень» на участках бывает разной. Прежде чем приступать к выбору растений, важно определить тип тени на участке. Тень бывает полная, это участки, куда прямые солнечные лучи не попадают практически никогда. На обычном садовом участке такая тень бывает под пологом старых, часто посаженных яблонь, боярышника, хвойных деревьев и с северной стороны дома. Здесь прекрасно будут расти следующие растения: девясил великолепный (Inula magnifica), купена (Polygonátum), увулярия (Uvularia), триллиумы (Trilliu), ариземы (Arisaema), также почвопокровные, такие как тиарка сердцелистная (Tiarella cordifolia), очиток побегоносный (Ásarum europaéum), копытень европейский (Sedum stoloniferum). С северной стороны здания на глинистых, хорошо увлажненных почвах прекрасно смотрится цветник, в состав которого входят: весеннецветущие растения – ветреница дубравная (Anemone nemorosa), морозники (Helleborus), подснежники (Galanthus), пролеска (Scilla); цветущие ранним летом: купены (Polygonátum), герань темная (Geranium phaeum), ожики (Luzula), ариземы (Arisaema); летнецветущие растения – волжанка (Arúncus), астильба (Astilbe), хосты (Hosta); цветущие осенью клопогоны (Cimicifuga). Бордюр здесь можно создать из примул (Primula), хосты (Hosta). Из лиан может быть рекомендован борец дуговидный (Aconitum sczukinii). Большинство папоротников можно выращивать в условиях от глубокой тени до солнечных мест, но именно в тени, на влажных почвах их листья выглядят более здоровыми, свежими. Полутень или рассеянная тень, одна из самых оптимальных местообитаний для большинства красивоцветущих растений. Солнечный свет проникает на 2-4 часа в день, обычно утром или вечером, либо свет проходит сквозь негустую листву деревьев. Ажурная тень, она легкая и подвижная от деревьев с редкой кроной (например, березы, акации).

Существуют особенности теневых участков, влияющие на растения. Главный фактор недостаток света, у растений снижается интенсивность фотосинтеза, что может влиять на яркость цветения и окраску листьев. Необходимо учитывать влажность почвы, в теневых зонах дольше удерживается влага, и после выпадения осадков существует риск застоя воды, что требует особого внимания. Это может быть,

как плюсом для влаголюбивых культур, так и минусом, провоцируя развитие грибковых заболеваний.

Некоторые почвопокровные растения хорошо адаптируются к специфическим условиям. На влажных и плотных глинистых почвах активно разрастаются живучка ползучая, а также копытень европейский (Asarum europaeum) и хвостатый (Asarum caudatum). В то же время, василек мягкий (Centaurea mollis), пупочник весенний (Omphalodes verna), медуница красная (Pulmonaria rubra), василистник нитчатый (Thalictrum filamentosum) и барвинок опушенный (Vinca pubescens) более требовательны к качеству почвы и нуждаются в регулярном уходе, включая прополку, подкормку и т.д. Стоит учесть, что под густыми кронами крупных деревьев почва часто бывает пересушена из-за их мощной корневой системы. Для таких засушливых мест подойдут засухоустойчивые и нетребовательные к почве барвинок малый (Vinca minor), ландыш майский (Convallaria majalis), пузырник клубненосный (Cystopteris bulbifera) и различные виды горянок (Epimedium). Температурные условия в тени также отличаются от открытых солнечных пространств. Здесь обычно заметно прохладнее, что становится особенно ценным в жаркие летние дни. Такая естественная прохлада благоприятствует многим растениям, которые с трудом переносят или вовсе не выдерживают изнуряющий зной, находя в тени комфортную среду для роста. Нельзя забывать и об особенностях почвы. Под некоторыми деревьями, особенно это касается хвойных пород, почва может приобретать повышенную кислотность. Кроме того, мощные корни уже существующих на участке деревьев и кустарников активно конкурируют за питательные вещества, что может приводить к обеднению почвы и требовать ее дополнительного обогащения для успешного произрастания новых посадок.

Основной принцип при подборе растений для теневых участков – выбор теневыносливых и тенелюбивых растений: первые, прекрасно себя чувствуют в затенении, вторые не просто предпочитают, а нуждаются в тени, страдая от прямых солнечных лучей. В условиях недостатка света именно декоративно-лиственные культуры выходят на первый план, ведь их листья поражают разнообразием форм, фактур, становясь той самой основой, которая обеспечивает привлекательность композиции на протяжении всего сезона.

В теневом саду неоценимую роль играет цветовая гамма растений, именно цветы и листья белых, кремовых, светло-розовых, нежно-голубых оттенков будут буквально «светиться» в полумраке, визуально расширяя пространство и добавляя света. Ключевым моментом является стремление к непрерывной декоративности: подбирать растения так, чтобы их цветение и пик привлекательности листвы сменяли друг друга, обеспечивая цветнику очарование с ранней весны до поздней осени. И, конечно же, учет габитуса растений – их высота и формы куста, ведь именно гармоничное сочетание различных ярусов позволит создать объемные, многослойные и по-настоящему живописные композиции, радующие глаз своей глубиной и естественностью. Высокорослые кустовые и куртинные растения для групповых посадок: волжанка обыкновенная (Aruncus dioicus), девясил великолепный (Inula magnifica), дицентра великолепная (Lamprocapnos spectabilis), клопогон (Cimicifuga), лилейник (Hemerocallis), роджерсия (Rodgersia), ирис водный (Iris pseudacorus). Среднерослые кустовые и куртинные многолетники для групповых посадок: бруннера крупнолистная (Brunnera macrophylla), герань (Geranium), купальница (Tróllius), аквилегия (Aquilegia), анемона гибридная (Anemone × hybrida), астильба (Astilbe), вербейник (Lysimachia), астранция крупная (Astrantia major), кочедыжник (Athýrium), лунник оживающий (Lunaria rediviva), молочай (Euphorbia), хоста (Hosta), чистоус (Osmunda), щитовник мужской (Dryopteris filix-mas). Почвопокровные: живучка ползучая (Ajuga reptans), барвинок опушенный (Vinca pubescens), пузырник клубненосный (Cystopteris bulbifera), копытень (Asarum), ясменник душистый (Asperula odorata), тиарка сердцелистная (Tiarella cordifolia), очиток побегоносный (Sedum stoloniferum). Декоративность надпочвенного покрова зависит не только от его плотности, но и от

орнаментальности листьев и длительности их жизни. Наиболее интересны виды с зимующими листьями, образующие стабильно декоративный надпочвенный покров – копытень европейский (Ásarum europaéum), копытень хвостатый (Asarum caudatum), пахизандра верхушечная (Pachysandra terminalis), пупочник весенний (Omphalodes verna), живучка ползучая (Ajuga reptans), фиалка душистая (Viola odorata), барвинок малый (Vinca minor), очиток побегоносный (Sedum stoloniferum). Участки из почвопокровных растений являются прекрасным фоном для ярких цветущих групп из высоких кустов роджерсии (Rodgersia), астильбы гибридной (Astilbe × hybrida), колокольчика широколистного (Campánula latifólia), лилейников (Hemerocallis). Бордюрные растения: бруннера крупнолистная (Brunnera macrophylla), герань красно-бурая (Geranium phaeum) и герань кровяно-красная (Geranium sanguineum), джефферсония сомнительная (Jeffersonia dubia), колокольчик скученный (Campanula glomerata), осока ржавопятнистая (Carex siderosticta).

Создавая рокарии, можно использовать разнообразные растения, такие как бадан толстолистный (Bergenia crassifolia), бруннера крупнолистная (Brunnera macrophylla), герань кровяно-красная (Geranium sanguineum), горянка (Epimedium), джефферсония сомнительная (Plagiorhegma dubium), дицентра исключительная (Dicentra eximia), камнеломка муньчжурская (Saxifraga manchuriensis), колокольчик скученный (Campanula glomerata), копытень Зибольда (Asarum zibolda), медуница мягчайшая (Pulmonaria mollis Wulfen ex Hornem) и узколистная (Pulmonaria angustifolia), молочай чешуйчатый (Euphorbia squamosa), примула (Primula), пузырник (Colutea), тиарка сердцелистная (Tiarella cordifolia), триллиум (Tríllium), увулярия (Uvularia).

Для вертикального озеленения в тенистых садах, например, у стен дома, хозяйственных построек, беседок или заборов, рекомендуется выбирать травянистые лианы и ампельные растения. Часто для этих целей используют борец дуговидный (Aconitum sczukinii), ломонос виноградолистный (Clematis vitalba) и хмель (Humulus).

Однако, независимо от выбора растений и типа цветника, основой его привлекательности служит единая композиционная идея. Крайне важно придерживаться принципов пропорциональности, то есть гармоничной соразмерности всех элементов, и масштабности – соответствия размеров цветника параметрам участка.

Нами предлагается проект цветника с использованием теневыносливых растений (рис. 1-2, табл. 1), общей площадью – 40,5 кв.м.



Рисунок 1 – Визуализация цветника в теневом участке сада

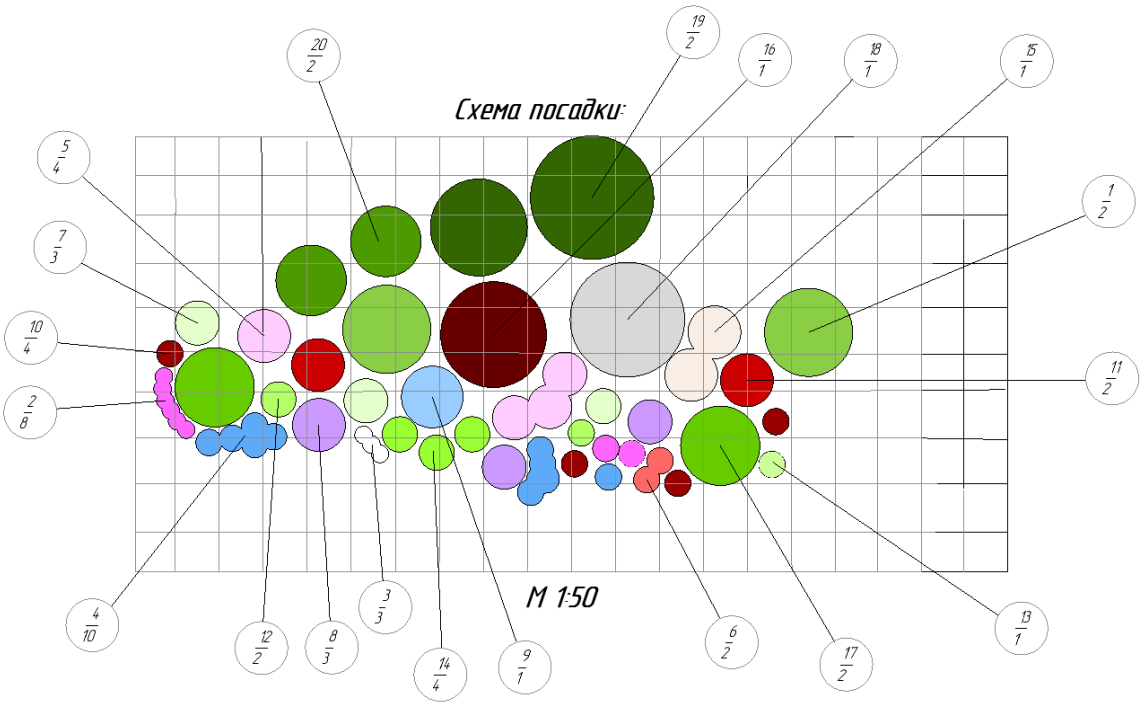


Рисунок 2 – Схема размещения растений в цветнике

Таблица 1 – Посадочная ведомость и календарь цветения

№	Культура	Высота см	Площадь под культурой, м²	Схема посадки	Кол-во	Календарь цветения			
						6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Барбарис Тунберга	100	1,6	100x100	2				
2	Бадан сердцелистный	50	0,3	30x30	8				
3	Примула японская	30	0,083	25x25	3	.			
4	Незабудка лесная	30	0,6	20x20	10				
5	Астильба Арендса «Рейнланд»	100	0,8	50x50	4				
6	Герань садовая	80	0,15	40x40	2				
7	Купена многоцветковая	70	0,5	40x40	3				
8	Бруннера крупнолистная	50	0,5	30x30	3				
9	Ирис садовый	80	0,4	40x40	1				
10	Гейхера гибридная «Аметист мист»	50	0,3	30x30	4				
11	Астильба японская «Рэд сентинел»	70	0,56	60x60	2				
12	Хоста гибридная «Аллеган фог»	80	0,12	50x50	2				
13	Хоста гибридная «Афродита»	60	0,14	40x40	1				
14	Хоста гибридная «Август мун»	80	0,4	50x50	4				
15	Астильба Арендса «Вайс глория»	100	0,5	50x50	1			.	.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	Пузыреплодник калинолистный «Диабло»	200	1,13	150х150	1				
17	Кочедыжник женский	150	1,3	80х80	2	-	-	-	-
18	Дерен белый «Айвор харо»	200	1,32	150х150	1	-	-	-	-
19	Туя западная «Колумна»	300	2,5	150х150	2	-	-	-	-
20	Туя западная «Столвик»	200	1	150х150	2	-	-	-	-

Данное сочетание растений обеспечивает эффектное и длительное цветение и декоративность, а также создает интересную игру текстур и оттенков.

Выводы. Таким образом, создание привлекательного и функционального теневого участка сада вполне осуществимо, несмотря на кажущиеся ограничения. Правильный выбор растений, учитывающий степень затененности участка и особенности почвы, позволяет создать гармоничную композицию, которая будет радовать глаз на протяжении всего сезона. Разнообразие форм, текстур и оттенков теневыносливых растений открывает широкие возможности для воплощения самых смелых дизайнерских идей, превращая даже самые темные уголки сада в уютные и очаровательные места отдыха. Важно помнить, что тень – это не препятствие, а особенность, которая придает саду особый шарм и неповторимую атмосферу.

Библиография:

1. Ширяева Н.А. Современные приемы цветочного оформления городов // Роль ландшафтной архитектуры в экологии современного города: сборник итоговых материалов молодёжного форума. Орел, 2017. С. 38-40.

2. Билибина А.В. Декоративные теневыносливые растения садов и парков. М. : Изд-во Московского университета, 1990. 86 с.

3. Карписонова Р.А. Сад в тени. М. : Культура традиции, 1999. 52 с.

4. Соколова Т.А., Бочкова И.Ю. Декоративное растениеводство. Цветоводство: Учеб. пособие для вузов. М. : Академия, 2010. 448с.

5. Карпун Ю.Н. Основы интродукции растений. СПб, 2002. 31 с.

УДК 504.054

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДА ОРЛА И ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Евсютичева П.Е., бакалавр 4 курса
направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура».
Научный руководитель: к.с.-х.н., доцент Ширяева Н.А.
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

АННОТАЦИЯ

Данная статья представляет собой комплексное исследование, посвященное анализу ключевых факторов, определяющих экологическую обстановку в урбанизированной среде города Орла и Орловской области. Особое внимание уделяется критически важным компонентам природной среды: воде, почве и воздуху. Рассматриваются основные источники антропогенного загрязнения, поднимается проблема обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО). На основе общего

анализа ситуации предлагается комплекс мер по улучшению экологической ситуации. Представлены не только краткосрочные решения, но и стратегические направления для устойчивого развития.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Экология, метод, борьба, анализ, исследование, загрязнение, результат, меры борьбы, проблема.

ABSTRACT
This article is a comprehensive study that focuses on analyzing the key factors that determine the environmental situation in the urban environment of the city and the Oryol region. Special attention is given to the critical components of the natural environment, such as water, soil, and air. The article examines the main sources of anthropogenic pollution and raises the issue of solid municipal waste (SMW) management. Based on a comprehensive analysis of the situation, the article proposes a set of measures to improve the environmental situation. The article presents not only short-term solutions but also strategic directions for sustainable development.

KEYWORDS
Ecology, method, struggle, analysis, research, pollution, result, control measures, problem.

Введение. Орловская область, расположенная в 325 км к юго-западу от Москвы в центре Среднерусской возвышенности, граничит с Тульской, Брянской, Калужской и Липецкой областями. Административным и культурным центром региона является город Орёл, носящий почётное звание «Литературной столицы» России.

Экологическая обстановка Орла и области формируется под влиянием географического положения, геологического строения и исторически сложившейся хозяйственной деятельности. Ключевыми проблемами остаются загрязнение атмосферного воздуха от автотранспорта и промышленных предприятий, а также загрязнение водных объектов вследствие сброса недостаточно очищенных сточных вод [1]. Ежегодный мониторинг выявляет ряд устойчивых нарушений, требующих незамедлительного решения. Высокая сельскохозяйственная освоенность земель области приводит к таким негативным последствиям, как эрозия и деградация почвенного покрова [2].

Экология водных объектов. Одной из наиболее острых экологических проблем Орловской области остается загрязнение водных объектов. На территории города Орла протекают две крупные реки (Ока и Орлик) и две малые, шесть ручьёв, относящихся к бассейну Волги [3]. Водные артерии Ока и Орлик являются основными ресурсами для хозяйственно-питьевого водопользования в регионе. Тем не менее, согласно данным мониторинга, качество воды в открытых водных объектах не соответствует регламентированным гигиеническим стандартам – наблюдается стабильно высокий уровень загрязнения, включая неестественный цветовой оттенок.

Исследования состояния подземных вод также вызывают тревогу: из 41 изученного источника ежедневно извлекается около 715 тыс. м³ пресной воды, причём её качество оценивается как неудовлетворительное [4]. Наиболее уязвимыми являются водоносные горизонты в районах размещения промышленных объектов, таких как нефтебаза «Стальной Конь», локомотивное депо, железнодорожные пути и завод «Орёлрастмасло» [4]. Зачастую на этих территориях отсутствуют современные очистные сооружения. Например, на заводе «Орёлрастмасло» только 7 из 29 источников выбросов оснащены системами очистки [5]. Важным фактором риска является также технологическая недостаточность водоподготовки: перед подачей в распределительную сеть вода не подвергается обезжелезиванию, а лишь хлорируется, что может негативно сказываться на здоровье населения.

Чтобы решить эти проблемы, необходимо обеспечить полное оснащение промышленных предприятий современными очистными сооружениями и установить непрерывный мониторинг сбросов для предотвращения загрязнения рек и подземных вод. Также, важно модернизировать систему водоподготовки на станциях водоочистки, включая внедрение технологий обезжелезивания и многоступенчатой фильтрации, чтобы гарантировать безопасность питьевой воды.

Экология воздуха. Ещё одним критически важным фактором, определяющим экологическую обстановку в городе, является значительное загрязнение атмосферного воздуха. Ключевым источником вредных выбросов является транспортная инфраструктура: автомобили, парковки, автосервисы и гаражи формируют до 80% всего объема загрязняющих веществ. Значительное влияние на качество воздуха также оказывают промышленные объекты, включая теплоэнергетические станции и предприятия энергетического комплекса.

Согласно официальным данным мониторинга, содержание вредных веществ в атмосфере систематически превышает установленные нормативы. В периоды неблагоприятных метеорологических условий концентрация загрязнителей может достигать значений, в 2-5 раз превышающих предельно допустимые показатели, что представляет существенную опасность для здоровья жителей.

Дополнительное воздействие оказывает и сельскохозяйственная деятельность. Продукты разложения удобрений, а также осадки, содержащие соли, тяжелые металлы и пестициды, усугубляют проблему. Ярким примером стало обращение жителей 909 квартала г. Орла, которые жаловались на едкий запах; проведённая проверка Роспотребнадзора официально подтвердила факт загрязнения.

Для улучшения ситуации проводятся регулярные экспертизы качества воздуха. Положительный эффект дает переход котельных с твердого топлива на газ, что позволило сократить объем вредных выбросов. Определенную роль сыграл и спад промышленного производства. Кроме того, важным направлением является озеленение города: выкорчёвка старых деревьев и посадка новых саженцев способствуют естественному очищению воздуха.

Экология почвы. Экологическая ситуация в Орловской области характеризуется значительным загрязнением почвенного покрова, что представляет серьезную угрозу для экосистем и здоровья населения. В рамках мониторинга состояния окружающей среды специалистами химико-токсикологического отдела в период с 1 августа по середину сентября 2024 года были отобраны и проанализированы пробы грунта на территории региона. Результаты лабораторных исследований показали, что шесть образцов почвы не соответствуют требованиям нормативных документов по таким показателям, как массовая доля подвижных форм цинка, меди, свинца, а также валовое содержание цинка и меди.

Особое внимание вызывает ситуация с шлаковым отвалом АООТ «Цветные металлы и сплавы», расположенным в районе посёлка Большое Думчино Мценского района Орловской области. Согласно данным ежегодного отчета Министерства природных ресурсов и экологии Орловской области за 2025 год, концентрации тяжелых металлов в почвах вблизи промышленных объектов продолжают устойчиво превышать установленные нормативы в несколько раз [6]. На протяжении трёх десятилетий на этой территории происходило накопление шлаковых отходов с содержанием алюминия, в результате чего сформировался искусственный холм высотой 30–40 метров, состоящий из сыпучих материалов. Проведённый анализ почвенных слоёв показал значительное превышение нормативных показателей по тяжёлым металлам. Это вызвало деградацию растительности на территориях, а также способствовало возникновению заболеваний среди животных и местных жителей.

Для решения данной проблемы применяется комплекс мер, включающий систематические исследования загрязнения почв токсичными и мутагенными веществами. Полученные данные используются природоохранными службами, учреждениями здравоохранения, а также коммерческими организациями,

занимающимися вопросами строительства, продажи и страхования недвижимости. Органы власти осуществляют постоянный контроль за деятельностью промышленных предприятий региона. Значительный вклад в улучшение экологической обстановки вносят местные жители, активно участвующие в проведении экологических субботников и мероприятиях по восстановлению загрязненных территорий.

Проблема вывоза мусора. Не менее важным компонентом экологической проблемы города Орла остается неэффективная система вывоза твердых коммунальных отходов (ТКО). Согласно данным Министерства природных ресурсов и экологии Орловской области, в 2025 году было зафиксировано более 5200 обращений граждан по вопросам ненадлежащего обращения с ТКО, что на 15% превысило показатели предыдущего года [7]. Жители многоквартирных домов регулярно сталкиваются с переполненными контейнерными площадками, несвоевременным вывозом отходов и образованием стихийных свалок в дворовых территориях.

Наиболее остро проблема проявилась в районе 909-м квартала, где возле большинства подъездов фиксируются скопления коммунальных отходов. Согласно актуальным данным на 2025 год, в Орле зарегистрировано 175 подъездов в многоквартальных жилых зонах с регулярными нарушениями правил размещения крупногабаритных отходов. Показатель демонстрирует рост на 18% в годовом исчислении, подтверждая сохранение негативной тенденции. Отсутствие оборудованных мест для сбора данного типа отходов усугубляет ситуацию, провоцируя ухудшение санитарно-гигиенических условий и увеличение количества обращений граждан.

Для решения этих проблем требуется комплексный подход. Прежде всего, необходимо усилить информирование граждан: разместить на контейнерных площадках и в подъездах стенды с контактами управляющих компаний и перевозчиков, а также разъяснять ответственность за несанкционированное складирование отходов. Кроме того, при застройке новых районов важно заранее проектировать и строить современные площадки для сбора ТКО, оборудованные бункерами для крупногабаритных отходов. Реализация этих мер позволит значительно улучшить ситуацию с вывозом мусора в городе.

Заключение. Таким образом, проведенный комплексный анализ экологической ситуации в городе Орле и Орловской области позволяет сделать вывод о необходимости усиления системного подхода к решению существующих экологических проблем.

Для кардинального улучшения экологической обстановки требуется реализация комплекса взаимосвязанных мероприятий, включая ужесточение контроля за промышленными выбросами и сбросами, внедрение современных очистных технологий на предприятиях и станциях водоподготовки, проведение рекультивации загрязненных территорий, развитие инфраструктуры для сортировки и переработки отходов, а также расширение программ экологического мониторинга и просвещения населения.

Особое значение имеет создание эффективной системы взаимодействия между органами власти, бизнесом и гражданским обществом. Только скоординированная работа всех заинтересованных сторон позволит обеспечить устойчивое улучшение экологической ситуации и создать благоприятную окружающую среду для нынешнего и будущих поколений жителей города Орла и Орловской области.

Библиография:

1. Правительство Орловской области. «Доклад о состоянии и об охране окружающей среды на территории Орловской области за 2025 год».

2. Экологические проблемы Центрального Черноземья» / под ред. И.И. Воронова. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2020. 214 с.

3. Доклад Управления Роспотребнадзора по Орловской области «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Орловской области» за 2025 год. Орел, 2025. С. 34-38.
4. Материалы исследований ФГБУ «Гидроспецгеология». Отчет по мониторингу подземных вод Орловской области. 2025. С. 15-18.
5. Отчет Министерства природных ресурсов и экологии Орловской области «О выполнении мероприятий по охране окружающей среды». 2025. С. 22-25.
6. Отчет Министерства природных ресурсов и экологии Орловской области «О состоянии и охране окружающей среды» за 2025 год. Орел, 2025. 187 с.
7. Отчет Министерства природных ресурсов и экологии Орловской области «О состоянии окружающей среды в 2025 году». Орел, 2025. С. 45-48.

УДК 712.4.01

АНАЛИЗ ПРИЕМОВ ЛАНДШАФТНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ДОСУГОВО-СПОРТИВНОГО ЦЕНТРА В Д. ОБРАЗЦОВО ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Трошина Е.А., магистрант 1 курса
направления подготовки 35.04.09 «Ландшафтная архитектура».
Научный руководитель: к.с.-х.н., доцент Коренькова Е.А.
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

АННОТАЦИЯ
Статья посвящена комплексному анализу озеленения проектируемого досугово-спортивного центра для детей и подростков, расположенного в деревне Образцово Орловской области, с акцентом на создание гармоничной и комфортной визуальной среды. На основе проведенного анализа предложены практические рекомендации по расширению ассортимента растений, устойчивых к местным климатическим условиям. Акцент сделан на подборе растений, оказывающих положительное влияние на эмоциональное и психофизиологическое состояние детей. Внедрение предложенных мер позволит создать современное, функциональное и эмоционально насыщенное пространство, отвечающее потребностям подрастающего поколения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Озеленение, благоустройство, комфортная визуальная среда.

ABSTRACT
The article is devoted to a comprehensive analysis of the landscaping of the projected leisure and sports center for children and adolescents, located in the village of Obraztsovo, Orel region, with an emphasis on creating a harmonious and comfortable visual environment. Based on the analysis, practical recommendations are proposed for expanding the range of plants resistant to local climatic conditions. The emphasis is on the selection of plants that have a positive effect on the emotional and psychophysiological state of children. The implementation of the proposed measures will create a modern, functional and emotionally saturated space that meets the needs of the younger generation.

KEYWORDS
Landscaping, improvement, comfortable visual environment.

Введение. Разработка современных пространств для организации детского и подросткового спортивного отдыха требует комплексного подхода к планированию окружающей среды, где особое значение приобретает ландшафтное оформление

территории. Такие объекты выполняют не только рекреационную, но и мотивирующую функцию, способствуя гармоничному развитию подрастающего поколения.

Ключевым аспектом при создании подобных зон становится учет психофизиологических особенностей юных посетителей среднего и старшего школьного возраста, включая их повышенную восприимчивость, нужду в стимуляции внимания и активности, склонность к социализации и высокий эмоциональный отклик на окружающую обстановку [3]. Однако анализ существующих проектов показывает, что при озеленении часто применяются шаблонные решения с ограниченным ассортиментом растений, что снижает потенциал таких территорий и не приводит к формированию комфортной, устойчивой и безопасной среды (КУБ-среды).

Целью данной статьи является выявление обоснованных путей оптимизации системы озеленения спортивно-досугового центра для детей и подростков на территории д. Образцово Орловской области.

Материалы исследования. Материалами для анализа послужили нормативные документы: ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения», СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» и СП 82.13330.2016 «Благоустройство территорий», а также научные публикации и литература, затрагивающие вопросы озеленения городов, устойчивого развития и качества городской среды.

Основная часть. *Краткое описание проекта.* Проектируемый центр досуга расположен в деревне Образцово Орловской области. Общая площадь участка – 2000 м², площадь застройки – 870 м². Здание двухэтажное, высотой 16,4 метра (рис. 1). В соответствии с назначением проектируемого здания (оказание населению спортивно-досуговых услуг) инфраструктура предусматривает наличие спортивных залов и открытых зон отдыха.

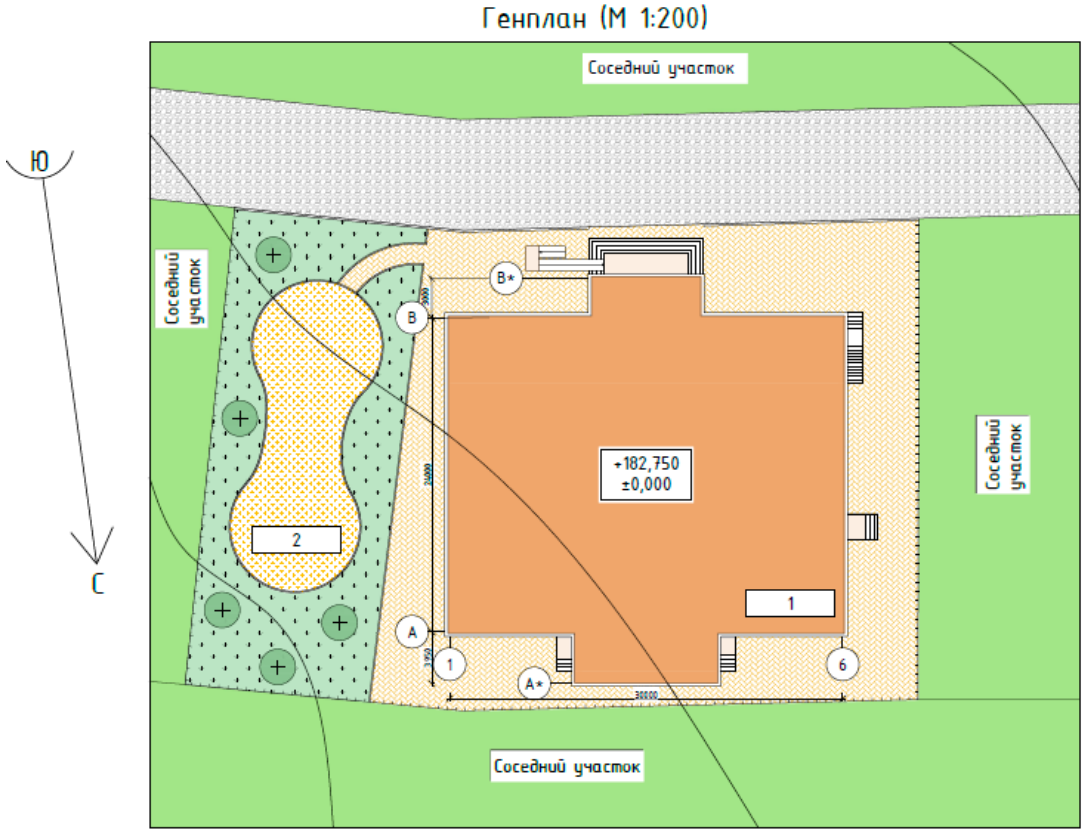


Рисунок 1 – Генплан территории досугово-спортивного центра

Зеленые зоны должны обеспечивать комфортную внешнюю среду, способствующую эмоциональному расслаблению, социальной адаптации и стабильному развитию спортивных навыков [5].

Разработка рекомендаций по озеленению территории спортивно-досугового центра. Для формирования комфортной среды необходимо придерживаться основных принципов благоустройства территории детско-юношеского досуга, которые включают в себя экологические, функциональные, эстетические и технологические аспекты.

Эти территории предназначены для отдыха, а значит, их главная функция – рекреационная. Эта функция может включать разные аспекты: культурно-досуговый, создание благоприятного микроклимата, оздоровление, эстетичность и декоративность, формирование состояния психо-эмоционального комфорта, воспитательно-образовательную направленность и т.д. Однако выполнение приведённых функций зелёными насаждениями по отношению к человеку также зависит от уровня благоустройства территории [4].

Таблица 1 – Основные принципы озеленения зон для времяпровождения детей и подростков

Принцип	**Расшифровка**
Безопасность	Все используемые виды растений должны быть нетоксичны , не иметь шипов , не вызывать аллергических реакций [1].
	Запрещено использование ядовитых и крайне аллергенных растений [1].
	Кустарники и деревья не должны иметь колючих ветвей или низко расположенной кроны, мешающей движению детей.
Доступность	Озеленение должно быть интегрировано в пространственную структуру и находиться в поле зрения детей [3].
	Рекомендуется соотношение 5–7 кустарников на одно дерево, чтобы формировать объемно-пространственную среду на уровне глаз ребенка (до 1,5 м высотой) [3].

Кроме того, при планировании необходимо соблюдать требования нормативной документации РФ, например, СП 82.13330.2016, а также учитывать особенности климатической зоны, в которой находится проектируемый объект/территория.

Исходя из этого, для реализации в данном проекте может быть предложен следующий ассортимент растений.

Липа мелколистная (*Tilia cordata*) – крупное дерево с густой кроной, имеет хорошую тенеобразующую способность. При расположении по периметру оказывает позитивное влияние на микроклимат участка, обеспечивает зеленый фон.

Клен остролистный (*Acer platanoides*) – дерево с густой шаровидной кроной, хорошо адаптированное к городским условиям. Создает дополнительную декоративность осенью благодаря пестролистным формам, обеспечивает контраст с другими породами.

Форзиция овальнолистная (Forsythia ovata) – листопадный кустарник высотой до 3 м. Цветки темно-желтые, многочисленные. Устойчива к городским условиям, нетребовательна к жаре, загрязнениям. Создает контрастность в ландшафтной композиции. Желтый окрас цветков может стимулировать активную деятельности, преодоление негативного настроя и т.д.

Спирея берёзолистная (*Spiraea betulifolia*) – приземистый, плотный кустарник высотой 0,9 м с шаровидной кроной. Листья осенью приобретают яркие оттенки оранжевого, красного и фиолетового цветов. Цветки мелкие, белого цвета. Благодаря белому оттенку цветков успокаивающе воздействует на нервную систему, способствует ощущению расширенного пространства. Осенью создает

дополнительный контраст в композиции, способствует повышению жизненной энергии [5].

Вербена гибридная (Verbena hybrida) – ветвистый кустарник высотой 20-50 см с темно-зелеными продолговатыми листочками. Цветки самой разнообразной окраски собраны в сложные зонтиковидные соцветия. Играет немалую роль в оформлении дорожек. Разнообразные оттенки цветков могут задать правильный настрой уже при подходе к зданию (например, розовый оттенок помогает создать открытую и дружелюбную атмосферу, красный – усиливает внимание, мотивирует на действия, стимулирует оптимистическое настроение и т.д.) [6].

Гвоздика травянка (Diánthus deltoídes) – растение со стелющимися стеблями, достигающее 40 см в высоту. Листья мелкие, узкие, темно-зеленые, часто с краснотой. Имеет ароматные одиночные цветки с разрезными краями лепестков различной (белой, ярко-красной, бордовой, но чаще всего – розовой) окраски. Помогает создать цветовое разнообразие в композиции и формирует мягкую визуальную среду. Цветовая палитра растения способствует формированию позитивного эмоционального фона. Кроме того, можно выделить ароматерапевтический эффект, который способствует снижению уровня стресса.

Кроме этого, важно учитывать, что формирование комфортной и развивающей среды для детей и подростков через оптимизацию системы озеленения мест досуга является актуальной практической проблемой. При разработке ландшафтной композиции важно ориентироваться не только на принятые нормы, но и на психофизиологические особенности детского и подросткового возраста. Особое внимание следует уделять подбору растительности – разнообразие форм и оттенков должно соответствовать особенностям детско-юношеского восприятия и способствовать гармоничному развитию ребенка в данном пространстве.

Необходимым этапом в разработке проекта озеленения является правильный подбор видового состава растений, которые могли бы качественно выполнять свои функции. Когда речь идёт об экологических аспектах, например, поглощении загрязняющих веществ, улучшении микроклиматических характеристик и других, следует обращать внимание на древесные виды, обладающие в первую очередь высокой экологической выносливостью. Для реализации рекреационной функции необходимо дополнительно использовать кустарниковые и травянистые растения с выраженными декоративными свойствами.

Вывод. Таким образом, проведенный анализ ландшафтного оформления досугового центра в д. Образцово Орловской области обосновывает методические рекомендации для создания дальнейших проектных решений по озеленению территории.

Библиография:

1. СП 82.13330.2016 Благоустройство территорий. Актуализированная редакция СНиП III-10-75. Введ. 2017-06-17. М. : Минстрой России, 2017. 59 с.

2. Браэм Г. Психология цвета: как создать идеальные цветовые комбинации. Перевод с нем. М. В. Крапивкиной. М. : АСТ: Астрель, 2009. 158 с.

3. Булыгин Н.Е. Дендрология: Учебное пособие для вузов. М. : Агропромиздат, 1985. 280 с.

4. Грашин А.А. Дизайн детской развивающей предметной среды: Учебное пособие. М. : Архитектура-С, 2008. 296 с.

5. Сычева А.В. Ландшафтная архитектура: Учебное пособие для вузов. 4-е изд. М. : Оникс, 2007. 87 с.

6. Тарабыкина А.А., Витун Е.В. Цвет как фактор, влияющий на эффективность физкультурно-спортивную деятельность // Актуальные проблемы педагогики и психологии. 2023. Т. 4. № 5. С. 40-47.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 631.234

ЭКОНОМИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОДНОПРОЛЁТНОЙ ТЕПЛИЦЫ СО СТЕКЛЯННЫМ ОГРАЖДЕНИЕМ

Болотова А.А., Мулюкина А.Н., Синицына В.С., бакалавры 4 курса
направления подготовки 08.03.01 «Строительство».
Научный руководитель: к.т.н., доцент Блажнов А.А.
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

АННОТАЦИЯ
Показана возможность снижения затрат на строительство теплицы круглогодового использования при её возведении хозяйственным способом. Предложена конструктивная схема однопролётной зимней теплицы со сварным стальным каркасом построечного изготовления. Выведены зависимости для определения оптимальных расстояний между элементами каркаса теплицы, соответствующих минимуму расхода стали.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Ангарная теплица, стеклянное ограждение, стальной каркас, параметры каркаса.

ABSTRACT
The possibility of reducing the cost of building a year-round greenhouse when erecting it in a commercial manner is shown. A design scheme of a single-span winter greenhouse with a welded steel frame of building manufacture is proposed. Dependencies are derived for determining the optimal distances between the elements of the greenhouse frame, corresponding to the minimum steel consumption.

KEYWORDS
Hangar greenhouse, glass fencing, steel frame, frame parameters.

Введение. Использование теплиц в малых формах хозяйствования позволяет практически круглогодично выращивать сельскохозяйственную продукцию. Но заводская поставка и сборка промышленной теплицы требуют значительных затрат (не менее 5 тыс.руб/м^2 [1]), что обусловливает целесообразность строительства культивационного сооружения хозяйственным способом.

Для выращивания овощных и цветочных культур в центральных регионах страны, характеризующихся большими снеговыми нагрузками (нормативное значение веса снегового покрова на 1 м горизонтальной поверхности земли до 1,5 кН/м2), целесообразно использование ангарных (однопролётных) сооружений, с покрытия которых возможно самоудаление снежных осадков вследствие их подтаивания. Проведенные исследования также показали, что в ангарной теплице по сравнению с обычными блочными пропускание прямой солнечной радиации оказалось на 20% больше, а горизонтальное и вертикальное распределение температур в экспериментальной теплице было более равномерное. Вследствие этого урожайность в ангарной теплице была значительно выше. К таким выводам пришли исследователи из Австрии и ФРГ, рекомендовавшие оптимальные пролёты зимних ангарных теплиц 9 и 12м [2].

Светопрозрачное ограждение однопролётных теплиц предусматривается из листового стекла или сотовых поликарбонатных листов, некоторые технико – экономические показатели которых приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Примерные технико-экономические показатели сотового поликарбоната и листового стекла

Наименование показателя	**Сотовый поликарбонат, мм**					**Стекло листовое толщ. 4мм ГОСТ 111—2014**
	4	6	8	10	16	
Светопропускание, %	83	82	82	80	76	88
Гарантийный срок службы, лет	5-15	5-14	7-14	5-14	до 14	Не менее 20 [3]
Примерная стоимость, руб/м2	230-440	400-680	540-790	460-900	≈ 1440	440

Примечания:

1. Примерные стоимости сотового поликарбонаты и листового стекла приведены для г.Орла [4-6].

2. Срок службы листового стекла толщиной 4 мм, при правильной эксплуатации и отсутствии механических повреждений, может составлять десятки лет. Стекло является практически «вечным» материалом, если его не подвергать значительным физическим воздействиям [3].

3. Меньшие стоимости сотовых поликарбонатных листов соответствуют их гарантийному сроку службы 5-7 лет.

В однопролётных арочных теплицах в зависимости от сезонности её эксплуатации используется сотовый поликарбонат толщиной от 4 до 8мм [7-8]. При этом стоимость качественного сотового поликарбоната толщиной 4мм примерно соответствует стоимости листового стекла, а при толщинах 6-8мм превышает её (табл. 1). В теплицах с плоскими кровельными скатами, подвергающихся механическим воздействиям осадков в виде снега и града и исходя из ограничения нормативного прогиба кровельных листов, потребуется ещё большая толщина сотового поликарбоната – 16 мм[9-10]. К недостаткам поликарбонатной кровли можно отнести: необходимость её периодической замены, так как долговечность защищённого от коррозии стального каркаса теплицы может достигать 50 лет, а гарантированный срок службы поликарбонатных листов значительно меньше и может составить всего 3-4 года при некачественном изготовлении изделий [11]; снижение светопропускной способности листов, обусловливающее понижение урожайности овощных культур из-за разрушения УФ защитного слоя и ряда других факторов (уменьшение освещенности на 1% приводит к снижению выхода продукции также примерно на 1% [12]). Преимуществом поликарбонатного ограждения теплицы по отношению к однослойному ограждению из листового стекла является более высокое термическое сопротивление. Однако, применение разворачиваемого внутри сооружения шторного экрана позволяет снижать тепловые потери стеклянной теплицы в зависимости от типа ткани на 43-75% [13].

Светопрозрачное ограждение теплицы из листового стекла, на наш взгляд, с экономической точки зрения предпочтительнее поликарбонатного. Предлагаемая конструктивная схема сварного стального каркаса однопролётной теплицы со стеклянным ограждением приведена на рис.1. Строительство теплицы возможно хозяйственным способом, сокращающим единовременные затраты. Каркас теплицы выполняется из прокатных или гнутых профилей с соединением элементов на сварке. Фундаменты сооружения предусмотрены из буронабивных свай.

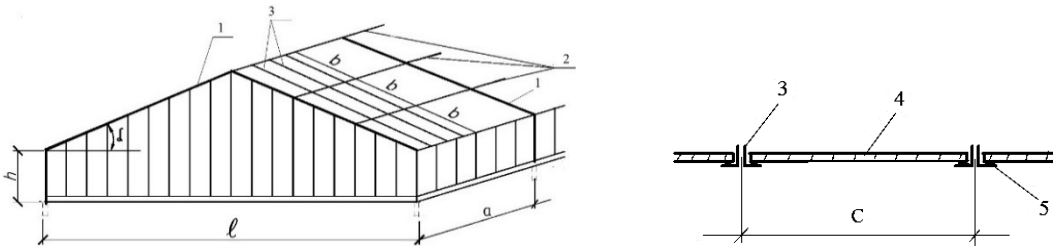


Рисунок 1 – Рамная конструктивная схема ангарной теплицы:
1 – рама из прокатных или гнутых швеллеров; 2 – прогоны из прокатных или гнутых швеллеров; 3 – шпросы из уголков для опирания стекла, укладываемые по прогонам; 4 – стекло; 5 – герметик

Цель исследования на основании вышеизложенного предусматривала обосновать рациональные строительные параметры предложенного каркаса теплицы построечного изготовления и сравнить экономические показатели предложенного конструктивного решения теплицы со стеклянным ограждением и поликарбонатных теплиц заводской поставки.

Методы исследования. Получение результатов планировалось получить аналитическим методом.

Результаты исследования. Стекло в ограждении теплицы является несущей конструкцией, воспринимающей атмосферные нагрузки. Установлена зависимость толщины стекла (*h*) от влияющих на неё факторов, графически представленная на рис.2

$$h = 0{,}913c\sqrt{q_c^p} = 0{,}913c\sqrt{q_c^p \cdot cos^2\alpha} = 0{,}79c\sqrt{q} \quad \text{мм}, \qquad (1)$$

откуда

$$c = \frac{1{,}27h}{\sqrt{q}} \qquad (2)$$

где q_c^p – расчётная перпендикулярная плоскости ската равномерно распределённая нагрузка на стекло, кгс/м^2; *c* – пролёт стекла, м, (расстояние между шпросами); *q* – вес снегового покрова на 1м^2 горизонтальной поверхности земли при проектировании зимних теплиц, регламентируемый нормами [14]; α – угол наклона ската теплиц, равный 30°.

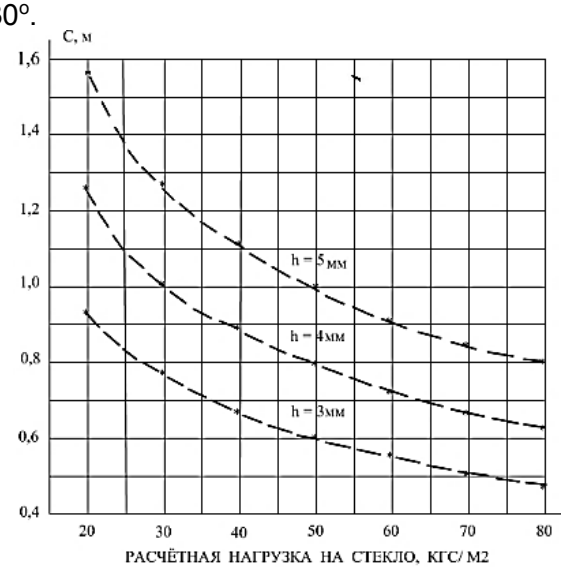


Рисунок 2 – Расстояние между шпросами в зависимости от толщины стекла и действующей на него нагрузки

При строительстве теплиц хозяйственным способом в качестве шпросов возможно применение стальных равнополочных или неравнополочных уголков по ГОСТ 8509-93 и ГОСТ 8510-86.

Для подбора сечений шпросов определяющим является второе предельное состояние, в соответствии с которым их относительный вертикальный прогиб, как для элементов остекления по нормам [15, табл. 1], не должен превышать 1/200 пролёта. Установим зависимость расхода стали на шпросы от влияющих на него факторов. Принятая расчётная схема шпроса приведена на рис. 3.

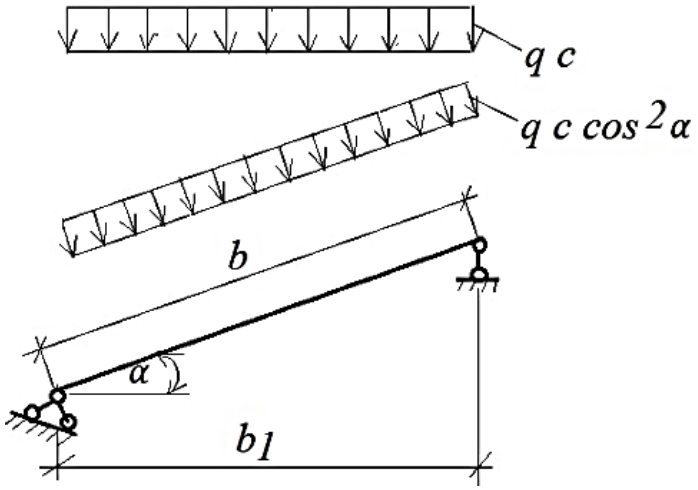


Рисунок 3 – Расчётная схема для шпросов теплицы

На рис.4 приведен график, показывающий корреляционную связь между весом шпроса из сдвоенных прокатных уголков и моментом инерции, аппроксимированную выражением (коэффициент корреляции r = 0,91)

$$G_{\text{ШП}} = 0{,}209I + 1{,}81 \quad \text{кг} \tag{3}$$

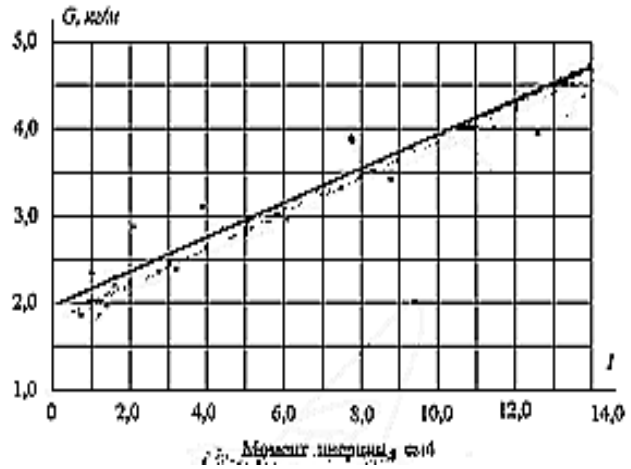


Рисунок 4 – Зависимость веса шпросов из прокатных уголков от момента инерции

Для принятой расчётной схемы прогиб шпроса

$$f = \frac{b}{200} = 5/384\frac{q_{\text{ш}}^{H} c b^4 \cos^2\alpha}{EI}$$

Подставив значение модуля упругости E =2,1·10^6 кгс/см^2 и решив уравнение относительно момента инерции, получим

$$I = \frac{q_{\text{ш}}^{H} c b^3 \cos^2\alpha}{80{,}64} \quad \text{см}^4, \tag{4}$$

где $q_{ш}^{H}$ – нормативная равномерно распределённая нагрузка на шпросы, кгс/м^2; с – расстояние между шпросами, м; b – шаг прогонов, м.

Подставив в (3) выражение (4) и поделив на расстояние между шпросами *C*, получим расход стали на 1м^2 теплицы

$$G_{ш} = \frac{q_{ш}^{H} b^{3} cos\alpha}{385{,}8} + \frac{1{,}81}{c\,cos\alpha} \quad кг/м^2 \qquad (5)$$

При уклоне ската кровли теплицы $\alpha = 30°$ зависимость (5) преобразуется к следующему виду

$$G_{ш} = \frac{q_{ш}^{H} b^{3}}{445} + \frac{2{,}08}{c} \quad кг/м^2 \qquad (6)$$

Так как первая производная зависимости (6) отрицательна, а вторая положительна, то эта функция убывающая и, следовательно, с увеличением расстояния между шпросами расход стали на них будет уменьшаться. Шаг шпросов должен ограничиваться размерами стекла. Для остекления теплиц целесообразно применение стекла заводской нарезки стандартных размеров, позволяющее сократить отходы стекла по сравнению с нарезкой в построечных условиях. В центральных регионах России при расчётной снеговой нагрузке на поверхности земли до 30 кгс/м^2 достаточна (с небольшим запасом) толщина стекла 4 мм (рис. 2), что обеспечивает возможность использования стандартного стекла размерами 1605х750мм. При этом конструктивный размер между центрами шпросов из сдвоенных прокатных уголков составит 76 см.

В качестве прогонов теплиц могут быть использованы прокатные швеллеры с параллельными гранями полок по ГОСТ 8240 – 97. Определяющим для расчёта прогонов является второе предельное состояние, предельный прогиб элемента не должен превышать 1/200 расстояния между рамами каркаса теплицы. По аналогии с определением расхода стали на тепличные шпросы получено выражение для расхода стали на 1м^2 площади теплицы на прогоны из прокатных швеллеров

$$G_{П} = \frac{q_{П}^{H} a^{3}}{9472} + \frac{7{,}73}{b} \quad кг/м^2\,, \qquad (7)$$

где $q_{П}^{H}$ – нормативная равномерно распределённая нагрузка на прогоны, кгс/м^2; *a* – пролёт прогонов (расстояние между рамами каркаса теплицы), м; *b* – расстояние между прогонами, м.

Из зависимости (7) следует, что расход стали на прогоны должен увеличиваться с увеличением нагрузки и расстояния между рамами каркаса и уменьшаться с увеличением шага прогонов.

В качестве примера в табл. 2 приведен расход стали на прогоны для расчётной нагрузки $q_{П}$ = 40 кгс/м^2, нормативная нагрузка $q_{П}^{H}$ = 32 кгс/м^2 (центральные регионы)

Таблица 2 – Расход стали на прогоны теплицы из прокатных швеллеров, кг/м^2

Шаг прогонов, м	**Расход стали на прогоны при шаге рам каркаса теплицы, м**			
	2,0	3,0	4,0	5,0
1,0	7,76	7,82	7,95	8,15
1,5	5,18	5,24	5,37	5,57
2,0	3,89	3,95	4,08	4,28
2,5	3,13	3,19	3,32	3,52

Рамы сварного каркаса теплицы построечного изготовления (рис. 1) могут быть сплошными или сквозными. На сквозные рамы потребуется меньший расход металла, но существенно увеличится трудоёмкость изготовления. В связи с небольшими нагрузками на культивационное сооружение приняты сплошные рамы из прокатных

швеллеров по ГОСТ 8240 – 97. Расход стали на рамы зависит от строительных параметров теплицы (пролёта, шага рам) и нагрузки, причём доминирующей является нагрузка от снега, а ветровая нагрузка увеличивает расход стали всего лишь до 2%. Аналитически установить закономерность расхода металла на рамы не представляется возможным. Такая зависимость для бесшарнирных рам из прокатных швеллеров получена множественной корреляцией по вышеуказанным трём параметрам при изменении пролёта теплицы в пределах 6-18м, шага рам – 2-6м и расчётной нагрузки на рамы 70 и 85 кгс/м^2

$$G_p = -1{,}86 + 0{,}041q + 0{,}147L - 0{,}0008qL + \\ + \frac{6{,}0}{a} - \frac{0{,}0093q}{a} + \frac{0{,}451L}{a} + \frac{0{,}0007qL}{a} \quad \text{кг/м}^2, \quad (8)$$

где q – расчётная нагрузка на раму, кгс/м^2; L – пролёт теплицы, м; a – расстояние между рамами каркаса (шаг рам), м.

В табл. 3 приведен расход стали на бесшарнирные сплошные рамы каркаса теплицы из прокатных швеллеров.

Таблица 3 – Расход стали на рамы при различных значениях пролёта и шага рам, кг/м^2

Пролёт рам, м	**Расчётная нагрузка, кгс/м^2**		**Шаг рам, м**				
	на покрытие	на раму	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
6,0	30	70	6,35	4,28	3,83	3,30	3,16
	40	85	6,42	4,62	4,22	3,79	3,37
9,0	30	70	6,87	4,86	4,38	3,94	3,36
	40	85	7,27	5,83	4,92	4,34	3,95
12,0	30	70	7,70	5,37	4,72	4,29	3,85
	40	85	8,05	6,31	5,45	4,98	4,45
15,0	30	70	9,31	6,68	5,12	4,69	4,40
	40	85	9,31	6,82	5,93	5,37	4,81
18,0	30	70	10,80	7,45	6,15	5,14	5,65
	40	85	11,00	7,65	6,49	5,92	

Объёмно-планировочные размеры теплицы должны удовлетворять технологическим и экономическим требованиям [14]. Основным экономическим требованием является минимизация площади ограждающих конструкций, обеспечивающая удешевление строительства и снижение тепловых потерь и стоимости отопления. Оптимальный пролёт ангарной теплицы, соответствующий минимуму площади светопрозрачного ограждения, можно определить из формулы коэффициента ограждения

$$k = \frac{2h}{L} + \frac{1}{cos\alpha} + \frac{2h}{A} + \frac{L \cdot tg\alpha}{2A}, \quad (9)$$

где h – высота продольного вертикального светопрозрачного ограждения теплицы по нормам [14] равная 1,5м; L и A – соответственно ширина (пролёт) и длина теплицы; α – угол наклона скатов кровли равный 30^o.

Разделив требуемую площадь теплицы (F, м2) на L, подставив в (9) вместо А полученное значение, продифференцировав полученное выражение по L после решения первой производной получим кубическое уравнение, из которого можно определить значение оптимальной ширины теплицы L. Так, для теплицы площадью 500м^2 имеем

$$0{,}577L^3 + 3L^2 - 1500 = 0,$$

откуда $L_{опт} \approx 12{,}0$ м.

Для теплицы площадью 1000м^2 значение $L_{опт}$ = 15,0 м. В качестве примера определим оптимальный шаг рам каркаса теплицы площадью 500 м^2 при $L_{опт}$ = 12,0 м

для нормативной нагрузки на прогоны 32 кгс/м^2 (центральные регионы). Из условия минимума расхода стали выражение для определения оптимального шага сплошных рам из прокатных швеллеров, выведенное на основе формул (6)…(8), после преобразований имеет следующий вид

$$a_{опт} = \sqrt[4]{\frac{36030 - 2{,}84q}{q_{П}^{н}}} = \sqrt[4]{\frac{36030 - 2{,}84 \cdot 70}{32}} = 5{,}7м\ , \qquad (10)$$

где q – расчётная нагрузка на раму, кгс/м^2;$q_{П}^{H}$ – нормативная равномерно распределённая нагрузка на прогоны, кгс/м^2.

Вычисленные значения оптимального шага рам для различных нагрузок приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Оптимальный шаг рам ангарных теплиц

Нормативная нагрузка на прогоны $q_{П}^{H}$, кгс/м^2	**Расчётная нагрузка на рамы q, кгс/м^2**	**Оптимальные расстояния между рамами, м**
1	2	3
20	60	6,40
30	70	5,80
40	80	5,40

Просуммировав зависимости (6)…(8) и продифференцировав полученное выражение по ***b***, после преобразований получим выражение для оптимального шага прогонов из прокатных швеллеров

$$b_{опт} = 5{,}8\sqrt[4]{\frac{1}{q_{ш}^{H}}}\ , м \qquad (11)$$

Например, при значении $q_{ш}^{H} = 32\ кгс/м2$ значение $b_{опт} = 2{,}4м.$ В табл.5 приведены установленные рациональные строительные параметры и расходы стали на элементы из прокатных профилей ангарной теплицы площадью 500м^2 пролётом 12 м (III снеговой район)

Таблица 5 – Рациональные строительные параметры и расходы стали на несущие элементы каркаса ангарной теплицы площадью 500 м^2

Строительные параметры, м				**Теоретический расход стали, кг/м2**			
расстояние между шпросами	расстояние между прогонами	шаг рам каркаса	пролёт	на шпросы	на прогоны	на рамы каркаса	итого
0,76	2,4	5,7	12,0	4,5	3,8	3,9	12,2

С учётом расхода стали на вертикальные шпросы стенового ограждения из двух уголков 20х20х3 (1,1 кг/м^2 площади теплицы) расход металла на элементы каркаса теплицы площадью 500м^2 составляет13,3 кг/м^2. С учётом цен на уголки около 42 000руб/т [16] и швеллеры 89 000 руб/т [17] стоимость металла на единицу площади теплицы построечного изготовления составит примерно 920 руб/м^2. Для сравнения: отпускная стоимость стального каркаса заводского изготовления фермерской поликарбонатной теплицы ВОЛЯ пролётом 11,5м составляет примерно 3 400 руб/м^2 [1, 18], что свидетельствует об экономическом преимуществе строительства теплиц со стеклянным ограждением хозяйственным способом.

Выводы:

1. Показано, что стеклянное ограждение теплиц имеет экономическое преимущество перед поликарбонатным в связи с большей долговечностью и лучшей светопропускной способностью.

2. Предложена конструктивная схема ангарной зимней теплицы построечного изготовления и выведены зависимости для обоснования оптимальных строительных параметров стального сварного каркаса из прокатных профилей: расстояния между шпросами, прогонами покрытия и рамами каркаса.

3. Установлено, что стоимость металлоконструкций каркаса теплицы построечного изготовления примерно в три раза меньше стоимости стальных конструкций теплицы заводской поставки.

Библиография:

1. Фермерские теплицы ВОЛЯ URL: https:// mirtep.ru›catalog/teplitsy/ ferma/fermer/ (дата обращения 22.08.2025).

2. Блажнов А.А., Фетисова М.А. Производственные сооружения для фермерских хозяйств: Монография. Орёл : Издательство Картуш, 2017. 132 с.

3. Стекло листовое марки М1 4 мм Салават Стекло // URL: https://glassstore.org/product/cteklo-listovoe-marki-m1-4-mm-salavat-steklo/ (дата обращения 11.08.2025).

4. Лесоторговая. // URL: https://leso-torg.ru/ (дата обращения 11.08.2025).

5. СВСТЕКЛО // URL: https://sv-steklo.ru/ (дата обращения 08.08.2025).

6. Поликарбонат в Орле // URL: https://www.google.com/search?q=rtlineagro.ru%E2%80%BA%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%82%E2%80%A6&oq=rtlineagro.ru%E2%80%BA%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B1%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%82%E2%80%A6&aqs=chrome..69i57.359j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8 (дата обращения 08.08.2025).

7. Теплица «Фермер» 7,5 м // URL: https://www.google.com/search?q=zavodteplic.ru%E2%80%BAorl%2Fgreenhouse%2Ffermer&oq=zavodteplic.ru%E2%80%BAorl%2Fgreenhouse%2Ffermer&aqs=chrome..69i57j69i58.415j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8&zx=1757662358146&no_sw_cr=1 (дата обращения 08.08.2025).

8. Промышленные и фермерские теплицы. ЗаводТеплиц.ру // URL: https://www.google.com/search?q=zavodteplic.ru%E2%80%BA+%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8B%E2%80%A6&oq=zavodteplic.ru%E2%80%BA+%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%8B%D1%88%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8B%E2%80%A6&aqs=chrome..69i57j0i512i546l4.439j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8 (дата обращения 08.08.2025).

9. Сотовый поликарбонат – технические характеристики // URL: https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/237-tekhnicheskie-kharakteristiki-sotovogo-polikarbonata.html (дата обращения 08.08.2025).

10. Блажнов А.А. Рациональные параметры зимних теплиц из прокатных профилей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 178. С. 250-256.

11. Срок службы теплицы из поликарбоната: // URL: https://carboplast-teplicy.ru/articles/srok-ekspluatacii- teplicy-iz-policarbonata/ (дата обращения: 10.08.2025).

12. Какие условия создать в теплице для высокого урожая томатов**:** // URL: https://agropk.by/itma/tomat-teplica-usloviya (дата обращения: 08.08.2025).

13. Система зашторивания в промышленных теплицах // URL: https:// promgidroponica.ru >sistema zashtor (дата обращения: 08.08.2025).

14. СП 107.13330.2012 «Теплицы и парники». М., 2012.

15.СП20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия». М., Стандартинформ,2018.

16. Уголок горячекатаный равнополочный цена в Орёл // URL: https:// oryol.asmetalloprokat.ru (дата обращения: 22.08.2025).

17. Купить швеллер в Орле, цена за метр, тонну, ГОСТ, недорого // URL: https://metalltorgbaza.ru›Швеллер›Орел (дата обращения: 22.08.2025).
18. Купить промышленную теплицу "Фермер 11,5"... // URL: https://bigproffi.ru/teplicy/promyshlennye-teplicy/ (дата обращения: 22.08.2025).

УДК 621.316.1:621.3.064.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 0,4 кВ ДЛЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ С РАЗНЫМИ СХЕМАМИ И ГРУППАМИ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК

Лансберг А.А., младший научный сотрудник.
ФБГНУ ФНАЦ ВИМ

АННОТАЦИЯ
В настоящее время множество работ направлено на исследование режимов коротких замыканий в электрических сетях 0,4 кВ. При этом в большинстве из них исследуется только значения токов аварийных режимов и не выявляются значения симметричных составляющих токов и напряжений. В данной работе реализовано исследование режимов симметричного и несимметричных коротких замыканий в электрической сети 0,4 кВ с использованием компьютерной модели «Проект РЗА». Достоверность модели по сравнению с методом расчётов токов коротких замыканий согласно ГОСТ 28249-93 составляет 2%. Прототипом компьютерной модели электрической сети 0,4 кВ являлась радиальная линия электропередачи протяжённостью 1000 метров, подключенная к трансформатору мощностью 250 кВА и выполненная с использованием неизолированного провода А-35. Были выявлены зависимости распределения токов и напряжений симметричных составляющих в режимах несимметричных коротких замыканий. Установлены зависимости распределения токов на сторонах высокого и низкого напряжения силового трансформатора при разных схемах и группах соединения обмоток. Отмечено, что наиболее достоверным электрическим параметром, по которому можно сделать вывод о возникновении аварийного режима является напряжение обратной последовательности. Уставку по данному параметру при установке средств автоматизации в электрической сети 0,4 кВ более, чем на 50% от общей протяжённости линии можно принять равной 9% от номинального фазного напряжения линии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Электрическая сеть 0,4 кВ, компьютерное моделирование, короткое замыкание, силовой трансформатор, симметричные составляющие.

ABSTRACT
Currently, a lot of work is aimed at studying short-circuit modes in 0.4 kV electrical networks. At the same time, in most of them, only the values of the currents of emergency modes are investigated and the values of the symmetrical components of currents and voltages are not revealed. In this work, a study of the modes of symmetrical and asymmetric short circuits in an electrical network of 0.4 kV using the computer model «Project RZA» is implemented. The reliability of the model in comparison with the method of calculating short-circuit currents according to GOST 28249-93 is 2%. The prototype of the computer model of the 0.4 kV electrical network was a 1000-meter long radial power transmission line connected to a 250 kVA transformer and made using an uninsulated A-35 wire. The dependences of the distribution of currents and voltages of symmetrical components in the modes of asymmetric short circuits were revealed. The dependences of the current distribution on the sides of the high and low voltage of the power transformer for different circuits and groups of winding

connections are established. It is noted that the most reliable electrical parameter that can be used to conclude that an emergency has occurred is the reverse voltage. The setpoint for this parameter, when installing automation equipment in a 0.4 kV electrical network for more than 50% of the total length of the line, can be assumed to be equal to 9% of the nominal phase voltage of the line.

KEYWORDS
Electrical network 0.4 kV, computer simulation, short circuit, power transformer, symmetrical components.

Введение. В настоящее время множество работ направлено на исследование режимов коротких замыканий в электрических сетях 0,4 кВ. При этом наиболее распространёнными короткими замыканиями являются однофазные, доля которых от общих видов аварийных режимов достигает 65%-85%. Так, в работе [1] предложен способ повышения уровня электробезопасности путем контроля целостности нулевого проводника трехфазных электрических сетей напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью, который заключается в непрерывном контроле величины тока через повторный заземлитель на вводе линии электропередачи 0,4 кВ. Аналогичный способ повышения электробезопасности эксплуатации линий электропередачи 0,4 кВ за счёт контроля целостности изоляции предложен в работах [2, 3]. В работе [4] произведён анализ переходных процессов в электрических сетях 0,4 кВ при однофазном коротком замыкании с использованием метода фазных координат, который позволил выявить, что апериодическая составляющая тока затухает настолько быстро, что не отражается на величине амплитуды тока однофазного короткого замыкания. Моделирование режима однофазного короткого замыкания в программном комплексе Electronics Workbench позволило выявить, что в режиме замыкания фазы на нулевой проводник значение тока аварийного режима в 4-5 раз больше, чем при замыкании фазы на землю [5]. В работе [6] отмечено, что при коротких замыканиях в системе электроснабжения 0,4 кВ, питаемой от инвертора, существующие математические методы определения значения тока аварийного режима не позволяют получить достоверное значение тока замыкания, что обуславливает необходимость использования инструментального обследования для определения тока аварийного режима.

Для повышения защищённости воздушных линий электропередачи 0,4 кВ от однофазных коротких замыканий в работе [7] предложена концепция использования секционирующих предохранителей с таким расчётом, чтобы обеспечивалось срабатывание защитного коммутационного аппарата не более, чем за 5 секунд. Проблема низкой защищённости электрической сети 0,4 кВ от однофазных коротких замыканий связана с завышенной протяжённостью, низкими сечениями используемых проводов и устаревшими типами защитных коммутационных аппаратов, что приводит к несрабатыванию коммутационного аппарата за установленное ПУЭ время [8]. Предложенная концепция проиллюстрирована на примере защиты линии электропередачи 0,4 кВ [9] протяжённостью 500 метров, подключенной к трансформатору мощностью 160 кВА со схемой и группой соединения обмоток «Y/Yn-0». Для обоснования номинальных токов плавких предохранителей вдоль линии электропередачи 0,4 кВ было реализовано компьютерное [10] и физическое [11] моделирование режима устойчивого однофазного короткого замыкания, а также экспериментальное исследование данного режима в электрической сети 0,4 кВ на действующем полигоне ПАО «Россети Урал» [12]. Проведённые исследования позволили разработать методику выбора места установки секционирующих предохранителей в электрических сетях 0,4 кВ [13], что позволяет повысить электробезопасность эксплуатации воздушных линий электропередачи 0,4 кВ в десятки раз [14].

Режим однофазного короткого замыкания исследуется преимущественно в связи с тем, что значение тока данного аварийного режима в наиболее удалённой точке электрической сети 0,4 кВ используется в качестве уставки срабатывания защитного коммутационного аппарата, установленного на вводе линии электропередачи. При этом в большинстве работ не производится исследование других видов коротких замыканий, а также оценке распределения симметричных составляющих вдоль линии электропередачи 0,4 кВ в аварийных режимах, что является актуальной задачей. Это позволит повысить достоверность распознавания аварийных режимов работы электрических сетей 0,4 кВ.

Цель работы заключается в исследовании электрических параметров режимов коротких замыканий в электрической сети 0,4 кВ на компьютерной модели.

Материалы и методы исследования. Исследование режимов коротких замыканий было реализовано на компьютерной модели сельской электрической сети 10/0,4 кВ, разработанной коммерческой компанией «Проект РЗА», внешний вид которой представлен на рисунке 1.

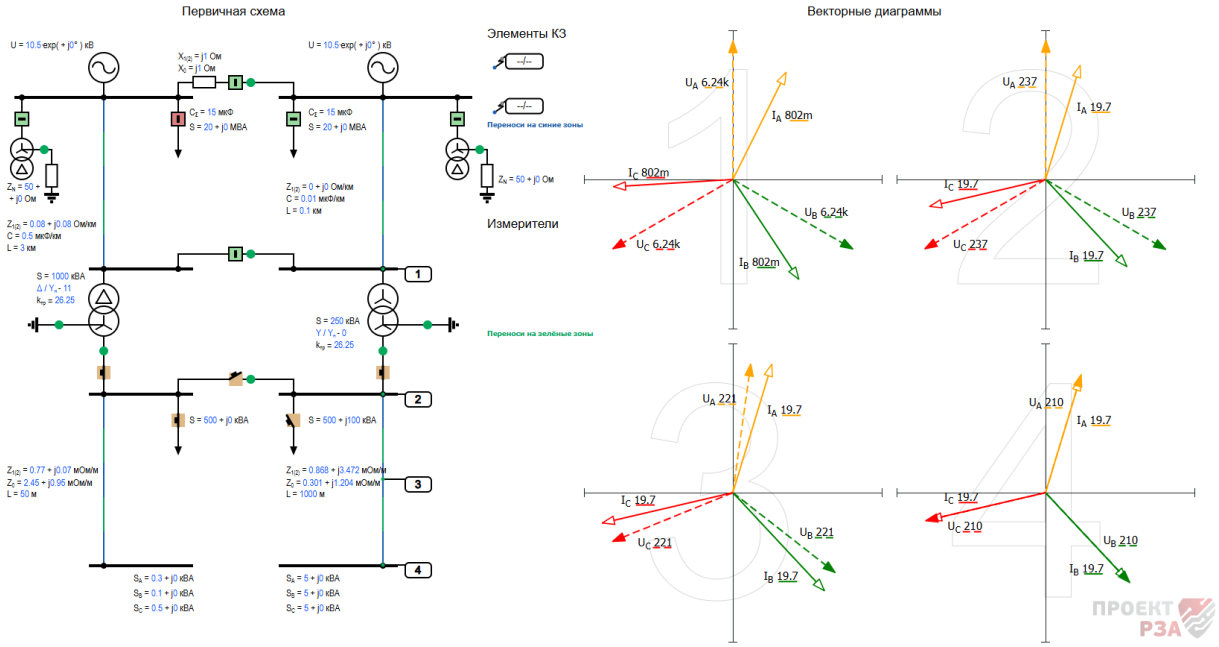


Рисунок 1 – Компьютерная модель сельской электрической сети 10/0,4 кВ.

Компьютерная модель, представленная на рисунке 1, представляет собой двухтрансформаторную подстанцию 10/0,4 кВ, питаемую по двум линиям электропередачи 10 кВ. К каждому из трансформаторов подключено по отходящей линии электропередачи 0,4 кВ. Компьютерная модель содержит совокупность коммутационных аппаратов, позволяющих вводить и выводить элементы схемы из работы.

В настоящей работе была использована только часть схемы, включающая следующие элементы: энергосистему, силовой трансформатор и линию электропередачи 0,4 кВ. В качестве прототипа компьютерной модели была выбрана радиальная линий электропередачи 0,4 кВ протяжённостью 1000 метров, выполненная с использованием неизолированного провода А-35, подключенная к трансформатору ТМ-250/10/0,4 кВ, схемы и группы соединения которого изменялись в ходе исследования. Данные параметры были выбраны в связи с тем, что они наиболее часто используются при электроснабжении коммунально-бытовых сельскохозяйственных потребителей [15].

На представленной компьютерной модели были исследованы следующие режимы коротких замыканий в электрической сети 0,4 кВ: однофазное короткое замыкание, двухфазное короткое замыкание, двухфазное короткое замыкание на

нулевой провод и трёхфазное короткое замыкание. В ходе компьютерного моделирования фиксировали фазные токи, фазные напряжения, ток в нейтрали силового трансформатора и токи напряжения симметричных составляющих. Точка возникновения аварии для всех видов коротких замыканий рассматривалась на удалении 1000 метров от ввода 0,4 кВ силового трансформатора. Это связано с тем, что независимо от удалённости точки короткого замыкания от ввода 0,4 кВ трансформатора, распределение напряжений соотносится одинаково, а токи изменяются в зависимости от сопротивления провода линии.

Достоверность модели была оценена путём сопоставления результатов компьютерного моделирования с расчётом токов короткого замыкания согласно ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ» и результатами иммитационного моделирования в MATLAB Simulink для схожих изначальных условий. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение результатов компьютерного моделирования с результатами расчёта по ГОСТ и моделирования в MATLAB Simulink

Вид короткого замыкания	**Схемы и группы соединения обмоток силового трансформатора ТМ-250/10/0,4 кВ**					
	Y/Yн-0		D/Yн-11		Y/Zн-11	
	Расчёты по ГОСТ (Simulink)	Результаты компьютерного моделирования	Расчёты по ГОСТ (Simulink)	Результаты компьютерного моделирования	Расчёты по ГОСТ (Simulink)	Результаты компьютерного моделирования
1-фазное КЗ	121	119	123	121	125	123
2-фазное КЗ	215	210	216	211	217	212
2-фазное КЗ на нулевой провод	224	220	-	-	-	-
3-фазное КЗ	246	241	245	240	245	240

Ввиду того, что в ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ» не представлена методика расчёта тока двухфазного короткого замыкания на нулевой провод результаты компьютерного моделирования на представленной модели были сопоставлены с результатами моделирования на компьютерной модели в MATLAB Simulink [16]. Разница результатов для всех рассматриваемых режимов симметричных и несимметричных коротких замыканий не превышает 2%, что свидетельствует о достаточно высокой степени достоверности компьютерной модели.

В ходе компьютерного моделирования были выявлены электрические параметры, позволяющие идентифицировать аварийные режимы в электрической сети 0,4 кВ. Исследование аварийных режимов производилось без учёта влияния нагрузки, которая может привести к искажению минимальных значений электрических параметров

Результаты исследований и их обсуждение.

В ходе компьютерного моделирования были выявлены зависимости распределения фазных напряжений вдоль линии электропередачи 0,4 кВ, которые ранее были установлены в ходе исследований [17, 18], что подтверждает корректность полученных результатов. Распределение фазных токов в исследуемых режимах также не представляет научной новизны. Так, при однофазном коротком замыкании ток в повреждённой фазе равен току в нейтрали. При двухфазном коротком замыкании ток протекает только в двух повреждённых фазах, а в третьей фазе и нейтрали он отсутствует. При двухфазном коротком замыкании в двух повреждённых фазах

протекают токи с разными значениями, а ток в нейтрали равен их алгебраической разности, при этом в третьей фазе ток отсутствует. В случае трёхфазного короткого замыкания токи протекают во всех фазах, а в нейтрали ток отсутствует.

Наибольшую научную значимость представляют распределение симметричных составляющих, что с высокой достоверностью позволит выявить аварийный режим. В ходе исследования было выявлено, что независимо от схемы и группы соединения обмоток силового трансформатора 10/0,4 кВ распределение токов и напряжений симметричных составляющих в аварийных режимах является одинаковым.

Рассмотрим симметричные составляющие токов. Следует отметить, что в нагрузочном режиме при симметричной нагрузке присутствует только составляющая тока прямой последовательности, которая равна току любой из фаз электрической сети 0,4 кВ. При этом в аварийных режимах возникают составляющие тока других последовательностей, которые приводят к уменьшению тока прямой последовательности. При однофазном коротком замыкании в электрической сети 0,4 кВ появляются составляющие токов обратной (I2) и нулевой последовательности (I0). Их соотношения по сравнению с током в фазе можно представить в виде (1):

$$\frac{I_{\text{ф}}^{\text{п0(1)}}}{3} = \frac{I_N^{\text{п0(1)}}}{3} = I_1^{\text{п0(1)}} = I_2^{\text{п0(1)}} = I_0^{\text{п0(1)}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{ф}}^{\text{п0(1)}}$ – фазный ток в режиме однофазного короткого замыкания, А;

$I_N^{\text{п0(1)}}$ – ток нейтрали в режиме однофазного короткого замыкания, А;

$I_1^{\text{п0(1)}}$ – составляющая тока прямой последовательности в режиме однофазного короткого замыкания, А;

$I_2^{\text{п0(1)}}$ – составляющая тока обратной последовательности в режиме однофазного короткого замыкания, А;

$I_0^{\text{п0(1)}}$ – составляющая тока нулевой последовательности в режиме однофазного короткого замыкания, А.

В реализованном исследовании при использовании трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «звезда-звезда с нулевым проводом и нулевой группой соединения» (Y/Yн-0) ток однофазного короткого замыкания составил 119 А, а симметричные составляющие – по 40 А. Для трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «треугольник-звезда с нулевым проводом и одиннадцатой группой соединения» (D/Yн-11) ток однофазного короткого замыкания составил 121 А, а симметричные составляющие также по 40 А. При этом для трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «звезда-зигзаг с нулевым проводом и одиннадцатой группой соединения» (Y/Zн-11) ток аварийного режима был равен 123 А, а симметричные составляющие тока прямой, обратной и нулевой последовательности по 41 А.

В режиме двухфазного короткого замыкания в электрической сети 0,4 кВ появляется составляющая тока обратной последовательности, при этом составляющая тока нулевой последовательности не возникает, что можно представить в виде соотношения (2):

$$\frac{I_{\text{ф}}^{\text{п0(2)}}}{\sqrt{3}} = I_1^{\text{п0(1)}} = I_2^{\text{п0(1)}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{ф}}^{\text{п0(2)}}$ – фазный ток в режиме двухфазного короткого замыкания, А;

$I_1^{\text{п0(1)}}$ – составляющая тока прямой последовательности в режиме двухфазного короткого замыкания, А;

$I_2^{\text{п0(1)}}$ – составляющая тока обратной последовательности в режиме двухфазного короткого замыкания, А.

В проведённом исследовании токи двухфазного короткого замыкания для заданного оборудования сети изменялись в пределах 210-212 А, а токи составляющих прямой и обратной последовательности – 121-123 А.

В режиме двухфазного короткого замыкания на нулевой провод распределение токов симметричных составляющих можно описать следующим образом. Ток прямой последовательности (I1) в 1,4-1,5 раза меньше, чем значение тока любой из повреждённых фаз. Ток обратной последовательности (I2) в 18-20 раз меньше, чем значение тока аварийного режима любой из повреждённых фаз, а ток нулевой последовательности (I0) 1,8-2 раза меньше, чем значения токов повреждённых фаз. Так, в исследуемых режимах при разных схемах и группах соединения обмоток силовых трансформаторов токи повреждённой фазы «В» составляли 220-223 А, токи повреждённой фазы «С» - 204-206 А, а токи в нейтрали – 16-19 А. При этом токи прямой последовательности (I1) составили 146-148 А при использовании трансформаторов с разными схемами и группами соединения обмоток. Токи обратной последовательности (I2) составили 11-13 А, а токи нулевой последовательности (I0) составили 108-110 А.

Рассмотрим распределение симметричных составляющих напряжения вдоль линии электропередачи 0,4 кВ. Симметричные составляющие напряжений для разных видов аварийных режимов работы электрической сети 0,4 кВ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Симметричные составляющие напряжений электрической сети 0,4 кВ в аварийных режимах работы, вызванных короткими замыканиями

Точка линии, м	**Однофазное короткое замыкание**			**Двухфазное короткое замыкание**			**Двухфазное короткое замыкание на нулевой провод**		
	U1, В	U2, В	U0, В	U1, В	U2, В	U0, В	U1, В	U2, В	U0, В
0	225	0	0	225	0	0	226	0	0
100	217	0	0	215	0	0	207	0	0
200	206	18,7	0	203	21	0	192	0	0
300	198	29,4	0	192	31,5	0	173	0	0
400	187	39,3	15,1	179	47,3	0	153	18,9	19,7
500	178	48,8	18,4	170	56,5	0	136	23,8	24,5
600	168	58,7	21,8	157	69,7	0	119	28,5	29,1
700	158	68,6	25,2	146	80	0	102	33	33,4
800	147	78,9	28,8	134	92,2	0	81,4	38,3	38,6
900	140	86,4	31,4	125	101	0	66,7	42,2	42,3
1000	131	95,9	34,7	113	113	0	47,3	47,3	47,3

Исходя из данных, представленных в таблице 2 следует, что для всех видов несимметричных коротких замыканий характерно появление составляющей напряжения обратной последовательности (U2), которая отсутствует в нагрузочных симметричных и несимметричных режимах. Данный параметр может использоваться для идентификации аварийного режима работы электрической сети 0,4 кВ техническими средствами повышения их автоматизации. Следует отметить, что режим трёхфазного короткого замыкания характеризуется только наличием тока и напряжения прямой последовательности.

В таблице 3 представлены результаты распределения токов на сторонах высокого напряжения (10 кВ) и низкого напряжения (0,4 кВ) в режимах несимметричных коротких замыканий в электрической сети при разных схемах и группах соединения обмоток силовых трансформаторов.

По итогам исследования, представленным в таблице 3, было выявлено, что при однофазном коротком замыкании в электрической сети 0,4 кВ и использовании трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «Y/Yn-0» на стороне 10 кВ больший ток протекает в фазе, сопоставимой с повреждённой на стороне 0,4 кВ. При

этом в двух других фазах на стороне 10 кВ протекает значение тока в 2 раза меньшее, чем ток третьей фазы. Для трансформаторов со схемами и группами соединения «D/Yn-11», «Y/Zn-11» при однофазном коротком замыкании фазы «А» одинаковые по значению токи на стороне 10 кВ протекают в фазах «А» и «В». При однофазном коротком замыкании фазы «В» ток на стороне 10 кВ токи протекают в фазах «В» и «С». А при замыкании фазы «С» токи на стороне 10 кВ протекают в фазах «А» и «С».

При использовании трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «Y/Yn-0» и возникновении двухфазного короткого замыкания на стороне 0,4 кВ на стороне 10 кВ в фазах, сопоставимых с повреждёнными на стороне низкого напряжения, протекают токи с одинаковым значением. При этом в третьей фазе на стороне высокого напряжения 10 кВ ток отсутствует.

Таблица 3 – Распределение токов при несимметричных коротких замыканиях

Однофазное короткое замыкание							
Повреждённая фаза (фазы) на стороне 0,4 кВ и схема и группа соединения обмоток трансформатора	**Токи фаз в аварийном режиме, А**						
	Сторона 10 кВ			Сторона 0,4 кВ			
	Фаза «А»	Фаза «В»	Фаза «С»	Фаза «а»	Фаза «b»	Фаза «с»	Нейтраль «N»
«А», Y/Yn-0	3,2	1,6	1,5	119	0	0	119
«В», Y/Yn-0	1,5	3,2	1,6	0	119	0	119
«С», Y/Yn-0	1,6	1,5	3,2	0	0	119	119
«А», D/Yn-11	2,7	2,8	0	121	0	0	121
«В», D/Yn-11	0	2,7	2,8	0	121	0	121
«С», D/Yn-11	2,8	0	2,7	0	0	121	121
«А», Y/Zn-11	2,7	2,8	0	123	0	0	123
«В», Y/Zn-11	0	2,7	2,8	0	123	0	123
«С», Y/Zn-11	2,8	0	2,7	0	0	123	123
Двухфазное короткое замыкание							
«АВ», Y/Yn-0	8	8	0	210	210	0	0
«ВС», Y/Yn-0	0	8	8	0	210	210	0
«АС», Y/Yn-0	8	0	8	210	0	210	0
«АВ», D/Yn-11	4	8	4	211	211	0	0
«ВС», D/Yn-11	4	4	8	0	211	211	0
«АС», D/Yn-11	8	4	4	211	0	211	0
«АВ», Y/Zn-11	4	8	4	212	212	0	0
«ВС», Y/Zn-11	4	4	8	0	212	212	0
«АС», Y/Zn-11	8	4	4	212	0	212	0
Двухфазное короткое замыкание на нулевой провод							
«АВ-N», Y/Yn-0	3,3	1,29	3,8	220	204	0	16
«ВС-N», Y/Yn-0	3,8	3,3	1,29	0	220	204	16
«АС-N», Y/Yn-0	1,29	3,8	3,3	204	0	220	16
«АВ-N», D/Yn-11	2	0,9	1,3	222	205	0	17
«ВС-N», D/Yn-11	1,3	2	0,9	0	222	205	17
«АС-N», D/Yn-11	0,9	1,3	2	205	0	222	17
«АВ-N», Y/Zn-11	5,1	6,8	5,1	223	206	0	19
«ВС-N», Y/Zn-11	5,1	5,1	6,8	0	223	206	19
«АС-N», Y/Zn-11	6,8	5,1	5,1	206	0	223	19

При использовании трансформаторов со схемами и группами соединения «D/Yn-11», «Y/Zn-11» и возникновении двухфазного короткого замыкания фаз «А» и «В» на стороне 0,4 кВ больший по значению ток протекает в фазе «В» на стороне 10 кВ. А в двух других фазах на стороне 10 кВ протекают токи по значению меньшие в 2 раза, чем ток в фазе «В». При замыкании фаз «В» и «С» на стороне 0,4 кВ на стороне 10 кВ больший по значению ток протекает в фазе «С». А в фазах «А» и «В» протекают в 2 раза меньшие токи, чем ток фазы «С». В свою очередь, при двухфазном коротком

замыкании фаз «А» и «С» на стороне 0,4 кВ больший по значению ток на стороне 10 кВ протекает в фазе «А», а в фазах «В» и «С» протекают токи в 2 раза меньшие по значению, чем ток в фазе «А».

При двухфазном коротком замыкании на нулевой провод фаз «А» и «В» и использовании трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «Y/Yn-0» наибольший по значению ток на стороне 10 кВ протекает в фазе «С». При этом в фазе «А» протекает ток в 1,2 раза меньший, чем в фазе «С», а в фазе «В» - в 2,9 раза меньший. При замыкании фаз «В» и «С» на нулевой провод наибольший по значению ток на стороне 10 кВ протекает в фазе «А». В фазе «В» протекает ток в 1,2 раза меньший по значению, чем в фазе «А», а в фазе «С» - в 2,9 раза меньший. При замыкании фаз «А» и «С» на нулевой провод на стороне 10 кВ наибольший по значению ток протекает в фазе «В». В фазе «С» протекает ток в 1,2 раза меньший, чем в фазе «В». При этом в фазе «А» на стороне 10 кВ протекает ток, значение которого в 2,9 раза меньше тока фазы «В».

В случае возникновения двухфазного короткого замыкания на нулевой провод фаз «А» и «В» и использовании трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «D/Yn-11» наибольший по значению ток на стороне 10 кВ протекает в фазе «А». При этом в фазе «В» на стороне 10 кВ протекает ток в 1,5 раза меньший, чем в фазе «А», а в фазе «С» - в 2,2 раза меньший. При замыкании на нулевой провод фаз «В» и «С» наибольший по значению ток протекает в фазе «В». В фазе «А» на стороне 10 кВ протекает ток в 1,5 раза меньший, чем в фазе «В», а в фазе «С» - в 2,2 раза меньший. В свою очередь, при замыкании фаз «А» и «С» на нулевой провод наибольший по значению ток протекает в фазе «С». В фазе «В» протекает ток по значению в 1,5 раза меньший, чем в фазе «С», а в фазе «А» - в 2,2 раза меньший.

Рассмотрим особенности распределения токов при двухфазном замыкании на нулевой провод при использовании трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «Y/Zn-11». В случае замыкания фаз «А» и «В» на нулевой провод наибольший по значению ток на стороне 10 кВ протекает в фазе «В». При этом в фазах «А» и «С» протекают токи с одинаковым значением в 1,3 раза меньшие, чем ток в фазе «В». При замыкании фаз «В» и «С» на нулевой провод наибольший по значению ток на стороне 10 кВ протекает в фазе «С». При этом в фазах «А» и «В» протекают одинаковые токи в 1,3 раза меньшие, чем ток фазы «С». А при замыкании фаз «А» и «С» на нулевой провод наибольший по значению ток на стороне 10 кВ протекает в фазе «А». При этом в фазах «В» и «С» на стороне 10 кВ протекают одинаковые токи в 1,3 раза меньшие, чем ток фазы «А».

Следует отметить, что при всех видах коротких замыканий на стороне низкого напряжения на стороне 10 кВ как и в нагрузочном режиме возникает напряжение прямой последовательности (U1). При этом в отличие от нагрузочных режимов кроме тока прямой последовательности (I1) на стороне 10 кВ при несимметричных коротких замыканиях появляется ток обратной последовательности (I2). Его значение в режиме однофазного и двухфазного короткого замыкания в сети 0,4 кВ сопоставимо с током прямой последовательности (I1). В режиме двухфазного короткого замыкания на нулевой провод ток обратной последовательности (I2) в 1,9 раза меньше тока прямой последовательности (I1) для трансформаторов со схемами и группами соединения обмоток «Y/Yn-0» и «D/Yn-11», а для трансформатора со схемой и группой соединения обмоток «Y/Zn-11» в 4 раза меньше.

Выводы. По итогам исследования режимов коротких замыканий в электрической сети 0,4 кВ для трансформаторов с разными схемами и группами соединения обмоток можно сделать следующие выводы:

1) была определена достоверность компьютерной модели сельской электрической сети 10/0,4 кВ «Проект РЗА» путём сопоставления результатов компьютерного моделирования токов симметричного и несимметричного короткого замыкания с расчётными результатами согласно ГОСТ 28249-93 «Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока

напряжением до 1 кВ». Разница результатов для всех видов коротких замыканий не превышает 2%;

2) были выявлены зависимости распределения токов симметричных составляющих в режимах симметричного и несимметричных коротких замыканий в электрической сети 0,4 кВ. Режим трёхфазного короткого замыкания характеризуется наличием только тока прямой последовательности (I1), как и нагрузочные режимы. В режиме однофазного короткого замыкания симметричные составляющие токов прямой (I1), обратной (I2) и нулевой (I0) последовательностей равны между собой и составляют треть тока аварийного режима, протекающего в повреждённой фазе. Режим двухфазного короткого замыкания характеризуется наличием составляющих токов прямой (I1) и обратной (I2) последовательностей, которые равны между собой и в $\sqrt{3}$ раз меньше тока любой из повреждённых фаз. При этом в режиме двухфазного короткого замыкания на нулевой провод составляющие токов прямой последовательности (I1), обратной последовательности (I2) и нулевой последовательности (I0) меньше, соответственно, в 1,4-1,5, 18-20 и 1,8-2 раз, чем значения токов повреждённых фаз;

3) были установлены зависимости распределения напряжений симметричных составляющих в режимах коротких замыканий в электрической сети 0,4 кВ. Режим трёхфазного короткого замыкания характеризуется только наличием напряжения прямой последовательности (U1). Режим двухфазного короткого замыкания на нулевой провод и однофазного короткого замыкания характеризуется кроме наличия напряжения прямой последовательности (U1) возникновением напряжений нулевой (U0) и обратной (U2) последовательностей. При этом режим двухфазного короткого замыкания характеризуется наличием напряжений прямой (U1) и обратной (U2) последовательностей. Таким образом, одним из наиболее достоверных параметров, по которому можно сделать вывод о возникновении аварийного режима, является напряжение обратной (U2) последовательности. Уставку по данному параметру при установке средств автоматизации в электрической сети 0,4 кВ более, чем на 50% от общей протяжённости линии можно принять равной 9% от номинального фазного напряжения линии;

4) были установлены зависимости распределения токов на сторонах высокого 10 кВ и низкого напряжения 0,4 кВ в режимах несимметричных коротких замыканий для силовых трансформаторов с разными схемами и группами соединения обмоток при повреждении разных фаз на стороне 0,4 кВ.

Библиография:

1. Савицкий Л.В. Способ повышения уровня электробезопасности в трехфазных электрических сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. №4(95). С. 84-89.

2. Фоминич Э.Н., Колесник И.В., Тишков А.А., Курьяков Е.А. Система контроля состояния электрической изоляции в сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью // Электроэнергия. Передача и распределение. 2018. № 3(48). С. 102-106.

3. Фоминич Э.Н., Ревякина Е.В., Колесник И.В., Тишков А.А. Система контроля состояния электрической изоляции в сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2018. № 2(58). С. 152-161.

4. Попов Н.М., Молодов И.А. Анализ переходных процессов в электрических сетях 0,38 кВ при однофазном коротком замыкании // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 8. С. 71-73.

5. Смирнов Е.С., Мамедов Т.А., Загинайлов В.И. Сравнение токов однофазного короткого замыкания в сетях с глухозаземленной нейтралью // Агротехника и энергообеспечение. 2023. № 2(39). С. 14-21.

6. Карагодин В.В., Камчалов С.С., Малышев А.В. Исследование возможности применения методов расчета токов однофазного короткого замыкания в системах бесперебойного электроснабжения // Военный инженер. 2024. № 1(31). С. 31-39.

7. Ершов А.М., Сидоров А.И., Валеев Р.Г. Защита воздушных линий напряжением 380 В от однофазных коротких замыканий с помощью секционирующих предохранителей // Промышленная энергетика. 2016. № 11. С. 17-22.

8. Расторгуев В.М. Особенности выбора защит сельских линий 0,38 кВ // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2011. № 11(16). С. 127-131.

9. Валеев Р.Г. Концепция построения защиты электрических сетей напряжением 380 В от однофазных коротких замыканий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2013. Т. 13. № 1. С. 30-34.

10. Валеев Р.Г., Млоток А.В., Ершов А.М., Сидоров А.И. Моделирование электрической сети напряжением 380 В с воздушными линиями в программной среде MATLAB-Simulink // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 9-10. С. 116-128.

11. Ершов А.М., Валеев Р.Г., Сидоров А.И., Млоток А.В. Разработка физической модели электрической сети напряжением 380 В // Электробезопасность. 2014. № 1. С. 3-18.

12. Млоток А.В., Ершов А.М., Валеев Р.Г., Сидоров А.И. Опытная электрическая сеть напряжением 380 В // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2014. № 2(19). С. 96-107.

13. Валеев Р.Г., Тропин С.А., Ерунова А.В., Ермолаева Н.А. Методика расстановки секционирующих плавких предохранителей в сетях до 1000 В // Электробезопасность. 2014. № 4. С. 3-16.

14. Валеев Р.Г. Повышение уровня электробезопасности путем секционирования воздушных линий 0,4 кВ // Электробезопасность. 2014. № 2. С. 34-36.

15. Виноградов А.В., Лансберг А.А., Виноградова А.В. Анализ конфигурации электрических сетей 0,4 кВ Орловской области // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2023. Т. 70. № 4(53). С. 22-29.

16. Лансберг А.А., Букреев А.В. Компьютерное моделирование режимов несимметричных коротких замыканий в сельской электрической сети 0,4 кВ // Вестник НГИЭИ. 2025. № 1(164). С. 45-57.

17. Лансберг А.А., Виноградов А.В. Разработка физической модели сельской электрической сети 0,4 кВ // Техника и оборудование для села. 2024. № 8(326). С. 39-43.

18. Виноградов А.В., Лансберг А.А. Физическое моделирование разных видов двухфазных коротких замыканий в сельской электрической сети 0,4 кВ // Агроинженерия. 2025. Т. 27. № 3. С. 90-99.

УДК 631.234

РАЦИОНАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ШАМПИНЬОННИЦЫ

Щукина А.А., Павлюченков В.А., бакалавры 4 курса
направления подготовки 08.03.01 «Строительство».
Научный руководитель: к.т.н., доцент Блажнов А.А.
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты обоснования состава основных производственных помещений шампиньонницы: для пастеризации субстрата, проращивания грибницы, выращивания

грибов. Установленное необходимое соотношение помещений обеспечивает надёжность технологического процесса в шампиньоннице и на грибоводческом комплексе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Шампиньонница, производственные помещения, соотношение помещений.

ABSTRACT
The results of the substantiation of the composition of the main production premises of the champignonny: for pasteurization of the substrate, germination of the mycelium, cultivation of mushrooms. The established necessary ratio of rooms ensures the reliability of the technological process in the champignonnice and in the mushroom-growing complex.

KEYWORDS
Champignonnica, production premises, room ratio.

Введение. Одной из основных задач, намеченных Госпрограммой развития сельского хозяйства, является обеспечение населения качественными продуктами питания. Положительное влияние на улучшение качества питания может оказать выращивание на промышленной основе шампиньонов, содержащих до 7% белка, ряд витаминов и минеральных веществ. В современных шампиньонницах годовой объём продукции с 1га культивационной площади составляет не менее 1500т, что равноценно 70-90 т сухого пищевого белка. Как известно, белки являются важнейшим строительным материалом человеческого организма.

Российская Федерация с годовым объёмом выращивания грибов 141 тыс.т занимает 9 место в мире [1, 2]. В отечественном грибоводстве основной объём производства шампиньонов приходится на комплексы импортной поставки, также используются приспособленные сооружения и помещения. С целью снижения единовременных строительных затрат для выращивания грибов возможно использование утеплённых лёгких арочных сооружений с поликарбонатной или плёночной кровлей [3, 4, 5].

Одной из причин, сдерживающих разработку отечественных шампиньонниц промышленного типа является отсутствие научных основ их проектирования. В разработанных нормах технологического проектирования шампиньонных комплексов в зданиях для выращивания шампиньонов должны предусматриваться три вида производственных помещений по назначению: для пастеризации субстрата, проращивания грибницы в субстрате, выращивания грибов. При этом требуемое соотношение производственных помещений, обусловливающее ритмичность и безотказность технологического процесса, не определено и должно при проектировании определяться расчётом. Для строительства нормами рекомендована номенклатура культивационных площадей шампиньонниц 0.35, 0.7 и 1 га [6].

Цель исследования предусматривала обоснование соотношения производственных помещений различных видов, обеспечивающего надёжность функционирования шампиньонницы и грибоводческого комплекса в целом.

Результаты работы. Обоснование соотношения производственных помещений шампиньонницы проводилось на примере разработанного планировочное решение шампиньоннцы с тремя видами помещений основного производственного назначения (рис. 1).

Длительности технологических процессов в производственных помещениях шампиньонницы зависят от ряда факторов и их можно рассматривать как случайные величины. Так, субстрат пастеризуется (обрабатывается горячим влажным воздухом) 6 - 10 сут., рост грибницы в субстрате продолжается 9-14 сут., плодоношение грибов длится 56-63 сут [3, 6].

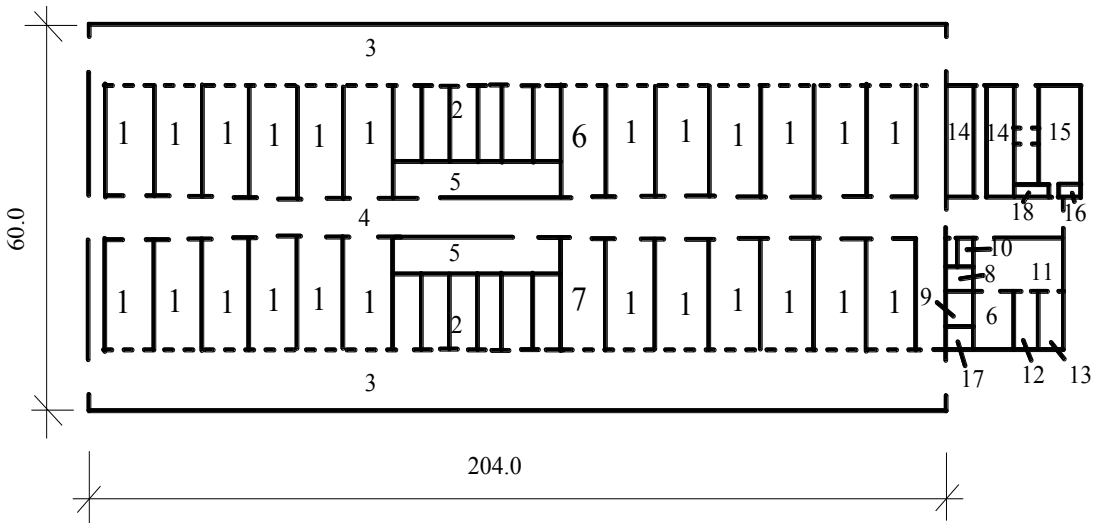


Рисунок 1 – Планировочное решение шампиньонницы площадью выращивания 1 га:
1 – помещения выращивания грибов; 2 – помещения пастеризации субстрата и проращивания грибницы; 3 – коридор для загрузки и разгрузки помещений;
4 – коридор; 5 – вентиляционное оборудование; 6 – холодильное оборудование;
7 –центральный кондиционер; 8-18 – помещения вспомогательного назначения

С использованием положений теории вероятности и основ теории массового обслуживания [7-9] были составлены функции распределения для этих случайных величин (рис. 2):

период пастеризации:

$$F(t_п) = \begin{cases} 0 \text{ при } t_п<6 \\ 1 \text{ при } t_п=10 \end{cases}$$

период развития грибницы:

$$F(t_г) = \begin{cases} 0 \text{ при } t_г < 9 \\ 1 \text{ при } t_г = 14 \end{cases}$$

период роста грибов:

$$F(t_в) = \begin{cases} 0 \text{ при } t_п < 56 \\ 1 \text{ при } 56 \le t_в \le 63 \end{cases}$$

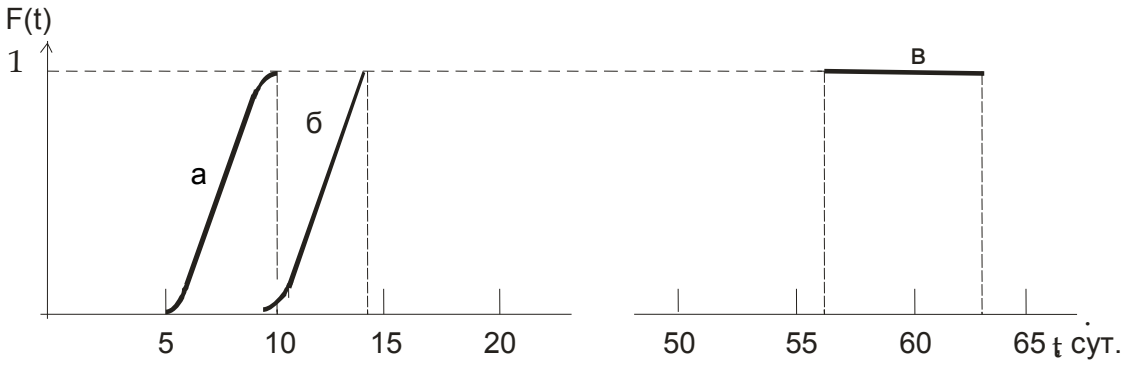


Рисунок 2 – Графики функций распределения длительностей процессов:
а – пастеризации субстрата; б – проращивания грибницы; в – выращивания грибов

Блок производственных помещений можно представить в виде непрерывно функционирующей многоканальной системы (рис. 3), используемой для получения

результатов в теории массового обслуживания [7-9], что позволило установить необходимое соотношение помещений различных видов.

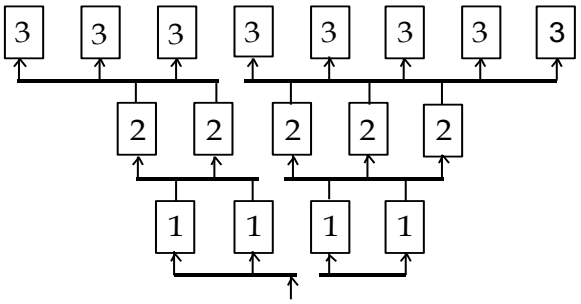


Рисунок 3 – Функциональная схема блока помещений основного производства шампиньонницы:
1 – помещения пастеризации субстрата; 2 – помещения проращивания грибницы; 3 – помещения выращивания грибов

Работоспособность системы считается обеспеченной, если среднее число событий в единицу времени (плотность потока сырья) в различных помещениях будет одинаковым

$$\lambda_п = \lambda_г = \lambda_в \ (\ 1/сут.\ )$$
$$\lambda_п = N_п/t_п; \quad \lambda_г = N_г/t_г; \quad \lambda_в = N_в/t_в, \qquad (1)$$

где $\lambda_п$, $\lambda_г$, $\lambda_в$ – соответственно плотность потока сырья, последовательно проходящего через помещения пастеризации субстрата ($\lambda_п$), проращивания грибницы ($\lambda_г$), выращивания грибов ($\lambda_в$);

$N_п$, $N_г$, $N_в$ – соответственно количество помещений пастеризации субстрата, проращивания грибницы, выращивания грибов;

$t_п$, $t_г$, $t_в$ – соответственно длительность процесса пастеризации субстрата, проращивания грибницы, выращивания грибов.

Преобразовав формулу (1), получим:

$$N_п : N_г : N_в = t_п : t_г : t_в \qquad (2)$$

На основании выражения (2) можно сформулировать следующее правило определения соотношения производственных помещений шампиньонницы, обеспечивающего минимально необходимый состав помещений для проведения технологического процесса в шампиньоннице:

соотношение помещений для пастеризации субстрата, проращивания грибницы, выращивания грибов должно соответствовать соотношению длительностей, проводимых в них процессов.

Например, при соотношении длительностей технологических процессов ($t_п$=6сут.) : ($t_г$=12 сут.) : ($t_в$ =48сут) = 1 : 2 : 8 соотношение соответствующих помещений также должно быть равно 1:2:8. А именно, на одно пастеризационное помещение требуется два помещения для роста грибницы и восемь помещений для плодоношения грибов.

При эксплуатации шампиньонницы возможен «отказ» одного из производственных помещений из-за поломки инженерного или технологического оборудования, который повлечёт за собой нарушение технологического процесса. Наиболее опасным является «отказ» помещения пастеризации субстрата, являющегося начальным звеном в технологическом процессе. Для предотвращения «отказа» при определении соотношения производственных помещений необходимо

предусмотреть резервное время на ремонт пастеризационного помещения. Длительность использования пастеризационного помещения при этом составит

$$t_{\text{п.р.}} = t_{\text{п}} + t_{\text{р}} \ , \quad t_{\text{п.р.}} = t_{\text{п}} + t_{\text{р}} \tag{3}$$

где $t_{\text{п}}$ – технологически требуемая длительность процесса пастеризации;

$t_{\text{р}}$ – резервное время.

Требуемое резервное время определялось на основании выведенной формулы (4)

$$t_p = \frac{1}{\mu} - \frac{1}{\mu_1} = t_{\text{п}}\left(1 - \frac{N_{\text{П}}-1}{N_{\text{П}}}\right) \tag{4}$$

где μ – плотность потока обрабатываемого сырья одним непрерывно занятым помещением (величина, обратная среднему времени обслуживания одной партии сырья)

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{П}}} \left(\frac{1}{\text{сут.}}\right) \tag{5}$$

Установлено, что необходимое резервное время для устранения «отказа» пастеризационного помещения можно принять равным двум суткам.

Определённое на основании формулы (2) минимально необходимое соотношение производственных помещений может быть нерациональным, так как отдельные технологические операции в шампиньоннице (загрузка и разгрузка помещений, укладка покровного материала и др.) могут совпадать с выходными днями. В связи с этим признано целесообразным длительности процессов пастеризации субстрата, проращивания грибницы и выращивания грибов принимать кратными одной неделе, так как при этом исключается занятость рабочих в выходные дни.

Таким образом, принцип проектирования помещений основного производственного назначения можно сформулировать в следующем виде: соотношение пастеризационных помещений ($N_{\text{П}}$), проращивания грибницы ($N_{\text{Г}}$) и выращивания грибов ($N_{\text{В}}$) должно быть равно соотношению длительностей, осуществляемых в них процессов, принимаемых кратными одной неделе

$$N_{\text{П}} : N_{\text{Г}} : N_{\text{В}} = T_{\text{П}} : T_{\text{Г}} : T_{\text{В}} \tag{6}$$

Формирование блока производственных помещений в соответствии с предложенным принципом позволяет обеспечить его функциональную надёжность, а также ритмичность и «комфортность производства» на грибоводческом комплексе в целом.

Вывод. Разработанные основы формирования структуры блока производственных помещений шампиньонницы позволяют обеспечить надёжность и ритмичность производственного процесса как в шампиньоннице, так и на шампиньонном комплексе.

Библиография:

1. Производство грибов в РФ в 2024 году // URL: https://agromics.ru (дата обращения 11.08.2025).

2. Самые грибные страны мира (Россия в топ-10) URL: https://dzen.ru>a/ZLgWZ1F MmnSR559 (дата обращения 11.08.2025).

3. Блажнов А.А. Сооружения для культивирования грибов на промышленной основе, в фермерских и личных хозяйствах. Орёл: ОрелГАУ, 2011. 124 с.

4. Блажнов А.А. Статический расчёт плёночной кровли культивационного сооружения // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. № 10. С. 17-22.

5. Блажнов А.А. Способ расчета пленочного ограждения теплицы на ветровую нагрузку //Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. № 9 (729). С. 72-76.

6. НТП – АПК 1.10.09.002 - 04 Нормы технологического проектирования комплексов по выращиванию шампиньонов. М., 2004.

7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М. : Высшая школа, 2001. 575 с.

8. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М. : Высшая школа, 2004. 407 с.

9. Соколов Г.А. Основы теории массового обслуживания для экономистов. Инфра-М: Высшая школа, 2025. 128 с.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 332.05

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭКОНОМИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ В 2025-2027 ГОДАХ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Шевченко Е.И., главный эксперт.
АО «РАСУ»

АННОТАЦИЯ
В материале рассматриваются особенности трансформации экономики строительных организаций в 2025-2027 гг. Описаны основные тренды развития. Указаны инструменты, которые обеспечивают развитие предприятий строительной сферы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
Экономика, строительство, инструменты развития, трансформация.

ABSTRACT
The material examines the features of the transformation of the economy of construction organizations in 2025-2027. The main development trends are described. The tools that ensure the development of enterprises in the construction sector are indicated.

KEYWORDS
Economy, construction, development tools, transformation.

Введение. Строительная отрасль, являясь одним из ключевых драйверов экономического развития, вступает в период существенных перемен. Глобальные тенденции, такие как цифровизация, устойчивое развитие и изменение потребительских предпочтений, оказывают мощное воздействие на все аспекты деятельности строительных организаций. В этой связи, период 2025-2027 годов представляется переломным моментом, когда стратегическая адаптация и инновационное развитие станут определяющими факторами конкурентоспособности и устойчивости строительного бизнеса.

Сегодня строительные компании сталкиваются с целым рядом вызовов: волатильность цен на ресурсы, нехватка квалифицированных кадров, усиление требований к экологической безопасности и энергоэффективности, а также возрастающая потребность в оптимизации процессов и снижении издержек. Игнорирование этих тенденций может привести к стагнации и утрате позиций на рынке. В то же время, открываются и новые возможности, связанные с внедрением передовых технологий, развитием новых строительных материалов и методов, а также с формированием новых бизнес-моделей. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью комплексного анализа текущей ситуации, выявления ключевых факторов трансформации и разработки практических рекомендаций для строительных организаций, стремящихся к успешному развитию в условиях меняющейся экономической среды.

Целью данной публикации является всестороннее исследование экономических вызовов и перспектив, стоящих перед строительными организациями в среднесрочной перспективе (2025-2027 г.).

Задачи исследования:

- анализ существующей динамики строительных работ в РФ;
- определение основных трендов развития строительной отрасли в РФ в 2025-2027 г.;

- определение основных инструментов развития.

Материалы и методы исследлования. В статье использованы методы литературного обзора, анализа, синтеза, классификации. Среди используемых материалов: данные Росстата, публикации Аганбегян, А.Г., Князевой Е. С., Шкрабовской А. Ю. и др.

Новизна исследования заключается в анализе статистических и практических аспектов развития строительной отрасли в РФ, а также определение основных аспектов ее развития, которые будут полезны как другим исследователям, так и специалистам практикам: сотрудникам профильных органов исполнительной власти и представителям субъектов хозяйствования, в т.ч. строительных организаций.

Основная часть. На сегодняшний день строительная отрасль переживает не самые лучшие времена, что связано с высокой ключевой ставкой, ограниченностью свободных финансовых ресурсов и общей ситуацией в экономике. В то же самое время, общий объем строительных работ в 2024 г. вырос на 10% по сравнению с 2023 г. (или на 73% по сравнению с «ковидным» 2020 г.):



Рисунок 1 – Распределение и динамика объема строительных работ в 2020-2024 годах [4, 5]

Динамика объемов в текущих ценах значительно превосходит динамику в сопоставимых ценах (в среднем, примерно на 5%).

Наибольший объем строительных работ традиционно пришелся на 4 квартал года, когда традиционно закрываются акты и подводятся итоги.

Распределение объемов строительных работ по округам представлено на рисунке 2.

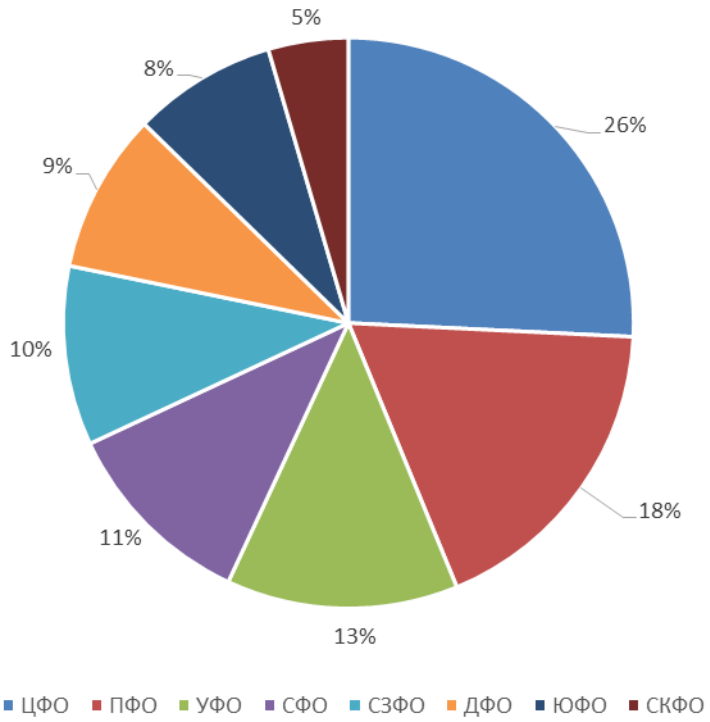


Рисунок 2 – Объем строительных работ в 2024 году, % [4, 5]

2025-2027 гг. могут стать переломными для строительной отрасли, т.к. в силу влияния санкций и текущей экономической ситуации необходимо проводить глубокие трансформационные процедуры, обусловленными целым рядом факторов, начиная от внедрения новых технологий и заканчивая изменениями в геополитической обстановке. Основными трендами на следующие 3 года могут стать:

1) Цифровизация и автоматизация – драйверы эффективности и оптимизации затрат. Включает в себя внедрение BIM-технологий, использование облачных платформ для управления проектами, применение искусственного интеллекта для оптимизации логистики и планирования, – все вышеназванное приведет к значительному сокращению издержек, повышению производительности и снижению количества ошибок.

Среди инструментов развития направления:

- более широкое применение 3D-печати для изготовления строительных элементов и конструкций;
- использование дронов для мониторинга хода строительства и инспекции объектов;
- внедрение систем предиктивной аналитики [2].

Инструменты цифровизации возможно внедрять как через использование виртуальной и дополненной реальности, что позволяет архитекторам, инженерам и строителям визуализировать планы и выявлять потенциальные проблемы до того, как они возникнут, так и через использование искусственного интеллекта, который может не только брать на себя роль счетовода, аналитика, но и сам предлагать планы визуализации объектов. Цифровизация является неизбежной перспективой, в лидерах будут те компании, которые внедрят ее первыми.

2) Фокус на устойчивое развитие и экологическую ответственность. Растущее осознание важности экологических проблем и ужесточение экологических стандартов приведут к тому, что строительные организации будут вынуждены внедрять более экологичные технологии и материалы.

Кроме того, особую актуальность сейчас приобретает использование вторичного сырья для производства строительных материалов. Сейчас уже есть технологии, которые позволяют перерабатывать строительные и некоторые бытовые отходы и заново получать строительную продукцию. Кроме того, решается и экологическая проблема, уменьшая уровень разлагающихся отходов. Также в строительстве можно использовать традиционные материалы, такие как дерево и металл. Многоэтажные дома из дерева приобретают все большую популярность из-за дешевизны и экологичности, и Россия не должна выпадать из мейнстрима.

3) Изменение структуры рынка труда и дефицит квалифицированных кадров, повышение производительности труда.

Автоматизация и цифровизация приведут к изменению структуры рынка труда в строительной отрасли. С одной стороны, потребуется меньше рабочих, выполняющих рутинную работу. С другой стороны, возрастет спрос на специалистов, обладающих навыками работы с новыми технологиями: BIM-менеджеры, специалисты по 3D-печати, операторы дронов, аналитики данных. Кроме того, после внедрения новых строительных технологий должна повыситься производительность труда. Производительность труда, например, можно увеличить за счет модульного строительства, когда конструктивные элементы/ детали изготавливаются за пределами объекта, а их сборку осуществляется на месте, что снижает трудозатраты и значительно сокращает время строительства. Модульное строительство делает строительство более доступным и дешевым, по сравнению, например, с классическими зданиями из кирпича [6].

Несмотря на вышесказанное, эксперты [1] сходятся в том, что дефицит кадров будет нарастать, т.к. необходимы специалисты для работы с оборудованием и техникой, а также сварочными агрегатами: машинисты, водители, специалисты-сварщики и т.д.

4) Новые бизнес-модели и партнерства. Для успешной адаптации к новым условиям строительным организациям придется внедрять новые бизнес-модели и развивать партнерские отношения. Среди инструментов развития:

- использование краудфандинга/ инвестиционных платформ и аналогичных решений для финансирования строительных проектов.
- создание совместных предприятий с производителями строительных материалов и технологий.

На рынке жилищного строительства складывается ситуация, когда выжить могут только игроки- владельцы крупного капитала, обладающие ресурсами и способные пережить замораживание ставок на долгосрочную перспективу.

Заключение. Таким образом, экономика строительных организаций в 2025-2027 годах претерпит значительные изменения, обусловленные цифровизацией, экологическими требованиями, изменениями на рынке труда и геополитическими факторами. Успешными окажутся те организации, которые смогут адаптироваться к новым условиям, внедрить новые технологии и бизнес-модели, а также инвестировать в развитие персонала. Только грамотное использование инструментов развития, а также корректировка стратегий, позволит компаниям сохранить свои ресурсы и направить их в дальнейший рост.

Библиография:

1. Аганбегян А.Г., Порфирьев Б.Н., Широв А.А. О преодолении текущего кризиса и путях развития экономики России // Научные труды Вольного экономического общества России. 2021. Т. 221. № 1. С. 193-213.

2. Алиевская Н.В., Маркина А.М. Развитие цифровых технологий в строительстве. Актуальные проблемы экономики и управления в строительстве // Актуальные проблемы экономики и управления в строительстве: материалы II Национальной (всероссийской) научно-практической конференции (СПб, 18-19 апреля 2024 г.) СПб., 2024. С.224-235.

3. Князева Е.С. Привлечения и использования инвестиций в организацию строительного производства // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2018. № 3. С. 129-138.
4. Статистика строительства в российских регионах. Росстат // URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/free/b04_03/IssWWW.exe/Stg/d02/21.htm (дата обращения 03.07.2025).
5. Строительство в российских регионах: итоги 2024 года. Сайт Sherpa group - URL: https://sherpagroup.ru/analytics/gv6bq48 (дата обращения 03.07.2025).
6. Шкрабовская А.Ю., Абакумов Р.Г. Инновационные технологии в строительстве // Инновационная наука. 2017. № 4. С. 14-23.

Научный журнал молодых ученых
№3(43), 2025

Подписано в печать 16.09.2025 г. Формат 60×84/8.
Печать ризография. Бумага офсетная. Гарнитура Arial.
Периодичность выхода: пять раз в год.
Тираж 300 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в Издательстве ФГБОУ ВО Орловский ГАУ.
Отпечатано на полиграфической базе ФГБОУ ВО Орловский ГАУ:
302028, г. Орел, бульвар Победы, 19.