

УДК 725.9

Рачкова Ольга Георгиевна

старший преподаватель

E-mail: olga.ra4kova@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Махмутов Артур Эмильевич

архитектор

Архитектурное бюро «HEADS GROUP»

Адрес организации: 420107, Россия, г. Казань, ул. Хади Такташ, д. 78

Влияние климатических факторов на формирование вертикальных теплиц в составе научно-производственного растениеводческого комплекса (НПК) г. Тюмени

Аннотация

Постановка задачи. Цель работы является исследование влияния климатических факторов на формирование и объемно-планировочное решение вертикальных теплиц, входящих в состав научно-производственного растениеводческого комплекса (НПК), оптимизации получаемой солнечной энергии поверхностями ограждений и расчет необходимого искусственного освещения площадей теплицы.

Результаты. На основе проведенного исследования и экспериментального проектирования построена оптимальная форма вертикальной теплицы, найдена конструкция формирующего наружного ограждения, способствующая максимальному пропусканию солнечной энергии. Получены значения дозированной дополнительной освещенности растений, необходимой для их роста.

Выводы. Значимость полученных результатов для архитектуры состоит в создании нового типа производственного сооружения, вертикальной теплицы, с учетом климатических особенностей г. Тюмени, решенной в современной архитектурной стилистике и способной обогатить общую пространственную композицию комплекса в целом.

Ключевые слова: научно-производственные растениеводческие комплексы, вертикальная теплица, климат, солнечная радиация, искусственное освещение, ограждающие конструкции.

Введение

Районы Западной Сибири, а именно территория г. Тюмени, относится к категории рискованного земледелия. Обеспечение населения во внесезонный период растениеводческой продукцией требует строительства не только открытых, но и закрытых тепличных сооружений. Для решения данной задачи были проведены комплексные исследования в области структурной организации растениеводческих предприятий для нового строительства, с разработкой принципов и научно обоснованных рекомендаций по их рациональному размещению, объемно-пространственной организации и с учетом влияния климатических факторов [1-3].

Территория НПК комплекса подбиралась исходя из признаков его специализации – на землях пригодных для производства растениеводческой продукции и в планировочной территориальной увязке с селитебными районами города. В основу генерального плана были положены аспекты технологических, инженерно-технологических требований и создания единого архитектурного ансамбля с учетом природно-климатических, ландшафтно-геологических и других местных условий.

Анализ климатических характеристик г. Тюмени

Климат г. Тюмени близок к резко-континентальному, климатический подрайон 1В, с резкой сменой погоды. Осадков выпадает 480 мм в год, в летний период. Климатические характеристики г. Тюмени приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные показатели по климату г. Тюмени

Широта с.ш.	Показатели	Количественная характеристика	Примечание
57°	Среднемесячная температура воздуха в январе	-16,6°С	от -14,6°С до -28°С
	Минимальная температура в январе	-49,2°С	Декабрь 1958 г.
	Скорость ветра в январе	3,9 м/с	
	Среднемесячная температура воздуха в июле	+18,6°С	от +12°С до +21°С
	Скорость ветра в июле		
	Относительная влажность в июле %	58	
	Осадки в год мм	480	
	Продолжительность солнечного сияния часов в год	2017	

Рассмотрев основные климатические параметры города, был выявлен один из главных, при проектировании НПК – солнечная радиация, которая особенно влияет на рост и развитие растений. Для территории Тюмени характерна большая продолжительность солнечного сияния – 2017 часов в год. Анализ показателей солнечной радиации проводился по данным многолетних наблюдений, приведенных в приложении 5 СНиП 2.01.01-82, с учетом попадания излучения на горизонтальную, вертикальную поверхности объекта и ориентации на южную, западную и восточную часть света. При рассмотрении кривых прямой и рассеянной радиации между ними имеются количественные отличия в интенсивности облучения, что необходимо учитывать при расчетах.

Выращивание растений, рассады, овощей в открытом грунте в Тюмени возможно только в летнее время. Для круглогодичного выращивания необходимы закрытые сооружения – теплицы, в которых будут обеспечены необходимые климатические условия внутренней среды (температура, влажность, воздуха, полив, естественное освещение) и, в зависимости от времени года, дополнительное досвечивание, особенно в ночное время года, согласно «Рекомендациям по проектированию теплиц для Сибири и Дальнего Востока» (табл. 2).

Таблица 2

Периоды естественного и комбинированного облучения

Широта с.ш.	Зона	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
58°-54°	7	С	С	Е	Е	Е	Е	Е	Е	Е	С	С	С

Примечание:

Е – естественная облученность; С – комбинированное естественное и искусственное облучение.

Результаты анализа радиационного режима г. Тюмени подтверждают, что естественная облучаемость поверхностей теплиц возможна с марта по сентябрь, в осенне-зимний период, с октября по февраль, необходимо естественное плюс искусственное облучение.

Моделирование объема теплицы и расчет освещенности ее поверхностей

Наиболее перспективными теплицами в городской среде, являются «Вертикальные фермы» или теплицы. Такая экспериментальная вертикальная теплица была запроектирована, входящей непосредственно в состав главного корпуса научно-производственного комплекса. Теплица имеет непосредственную связь с научными, экспериментальными блоками главного корпуса, аудиториями для студентов, обучающихся растениеводству и принимающих участие в исследовательских научных работах (рис. 1).

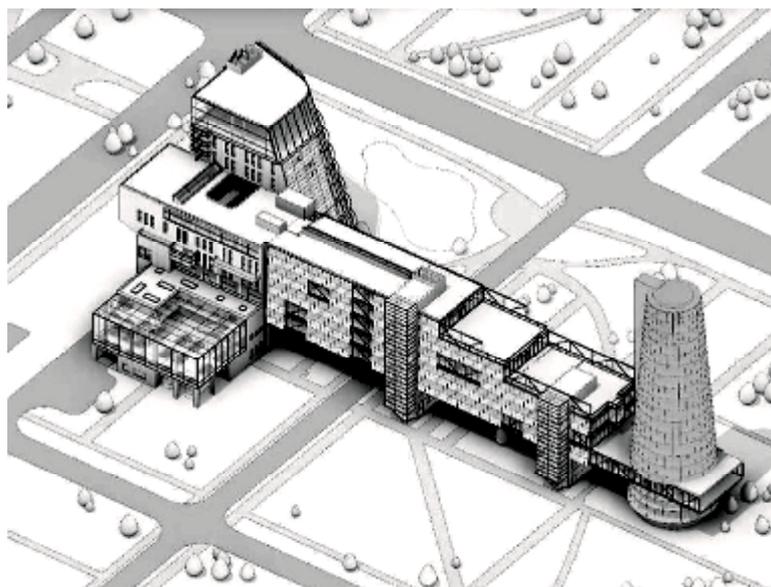


Рис. 1. Объемно-пространственное решение главного корпуса НПРК:
1 – научно-исследовательский блок; 2 – учебный блок; 3 – вертикальная теплица
(иллюстрация авторов)

Вертикальная теплица запроектирована круглой формы, получая возможность максимального облучения солнечной радиацией со всех сторон, а наклонные, светопрозрачные плоскости наружного ограждения, расположены под таким углом, чтобы получать и пропускать на горизонтальную поверхность этажей максимальное количество солнечной радиации [4, 5]. Для экспериментальных расчетов построены геометрические модели вертикальной теплицы для трех характерных месяцев – декабрь, сентябрь и июль (рис. 2).

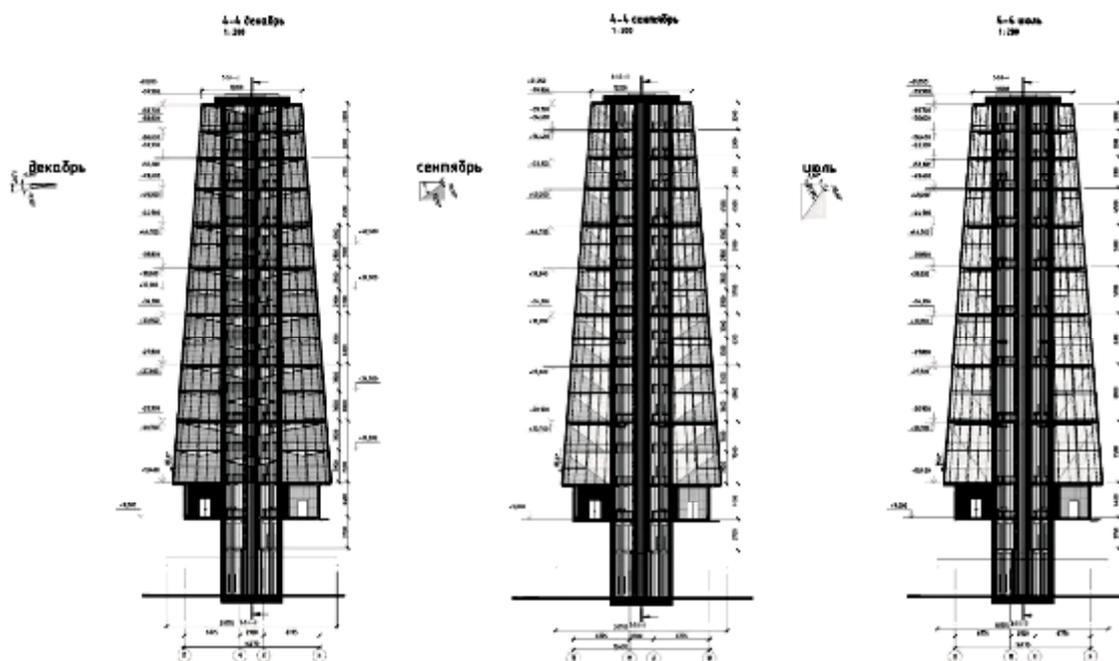


Рис. 2. Схемы построения глубины башни теплицы:
1 – для 22 декабря; 2 – для 22 сентября; 3 – для 22 июля (иллюстрация авторов)

Для дальнейших исследований и расчетов по нормативным источникам были выявлены координаты солнца для 57° с.ш. С помощью программного комплекса RWD

Grasshopper и плагина Ladybug, созданы модели небосвода для загрузки карт ерв на территории г. Тюмени (рис. 3-5). В табл. 3 приводятся данные к расчету энергии, приходящейся на м² наружных панелей ограждения вертикальной теплицы (15 декабря, 15 сентября и 15 июля) [6].

Таблица 3

Количество солнечной энергии приходящейся на наружное ограждение теплицы

№ панели	Сумма на 15 декабря кВтч м ² день	Сумма на 15 сентября кВтч м ² день	Сумма на 15 июля кВтч м ² день
0	0,125149	0,74969	1,439953
20	0,125134	0,767097	1,547251
40	0,125860	0,808882	1,759108
60	0,127929	0,880560	2,041605
80	0,137175	0,987770	2,410012
100	0,179778	1,117624	2,778890
120	0,288497	1,246946	3,132972
140	0,456055	1,373191	3,445450
160	0,687569	1,501309	3,707331
180	0,957568	1,652990	3,932053
200	1,214199	1,818841	4,083475
220	1,427948	2,002249	4,156302
240	1,581122	2,191785	4,146535
260	1,665124	2,351085	4,070956
280	1,682186	2,459463	3,988537
300	1,639245	2,512800	3,899900
320	1,535421	2,513046	3,810775
340	1,366156	2,461465	3,712980
360	1,135872	2,360768	3,604766
380	0,861615	2,221961	3,451991
400	0,588418	2,052591	3,308233
420	0,374001	1,860089	3,132280
440	0,232278	1, 656909	2,955219
460	0,163064	1,445232	2,743774
480	0,139165	1,230127	2,510541
500	0,131328	1,030629	2,257255
520	0,127761	0,875132	1,990366
540	0,126373	0,796142	1,749263
560	0,125632	0,758109	1,551296
580	0,125 341	0,747299	1,442612

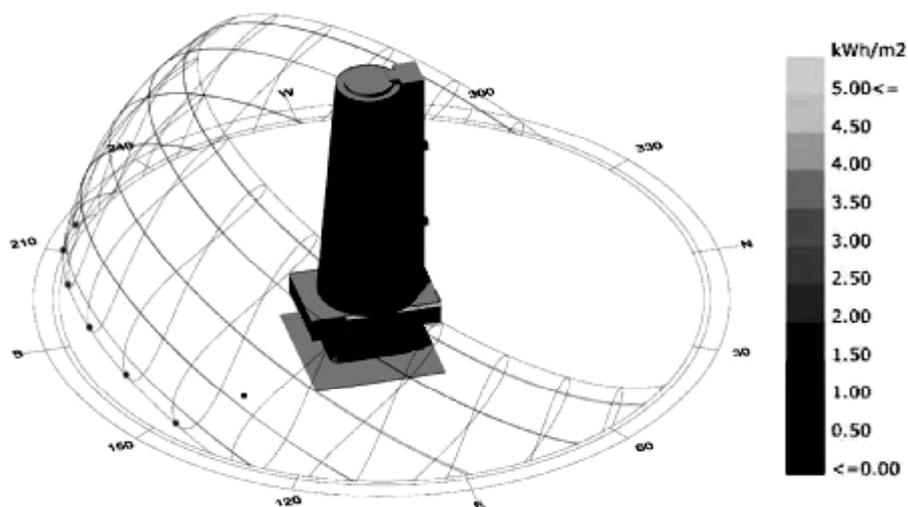


Рис. 3. Графический расчет солнечной энергии на 15 декабря (иллюстрация авторов)

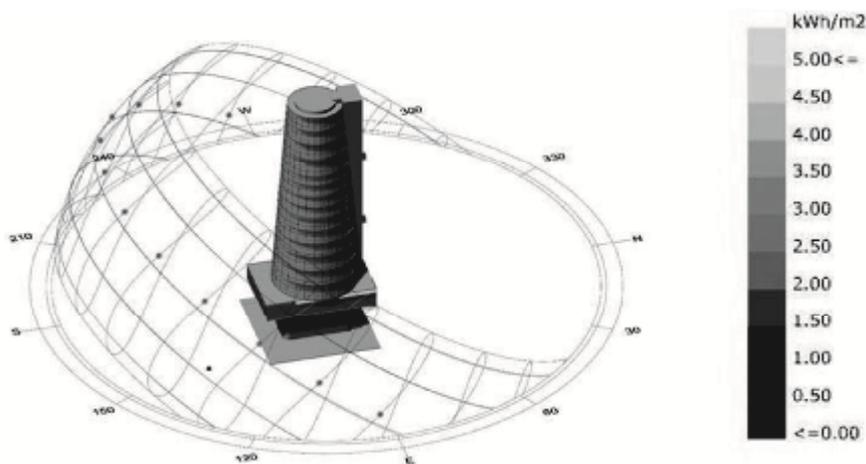


Рис. 4. Графический расчет солнечной энергии на 15 сентября (иллюстрация авторов)

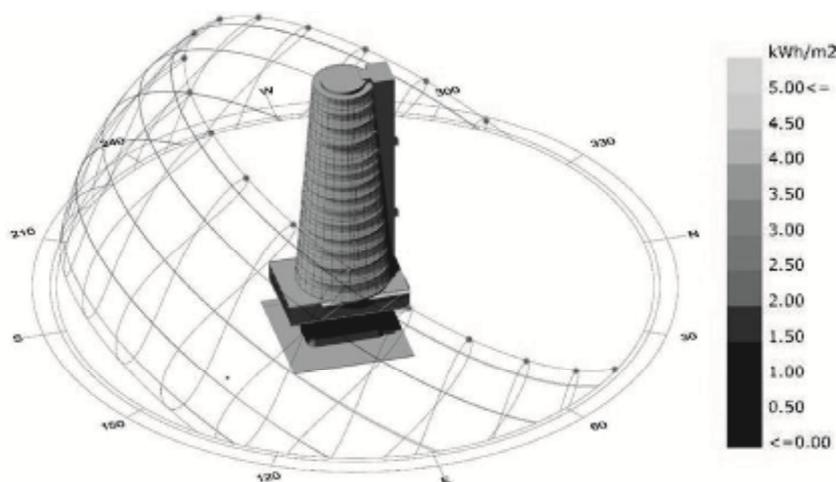


Рис. 5. Графический расчет солнечной энергии на 15 июля (иллюстрация авторов)

По полученным данным, солнечной энергии приходящейся на м² ограждения вертикальной теплицы, необходимо рассчитать количество энергии проходящей внутрь сооружения, принимая соответствующую конструкцию светопрозрачного ограждения [7, 8].

Выбор конструкции наружного ограждения теплицы и его расчет по оптическим и энергетическим показателям

В рамках экспериментального проектирования рассмотрены два варианта стеклопакетов. 1 – Стеклопакет STOPSOL* CLFSSLEAR 8-15-8; 2 – Стеклопакет STOPSOL* SUPERSIJVERCLEAR (табл. 4).

Таблица 4

Технические характеристики стеклопакетов

№	Позиция покрытия мм	Внешний вид	Оптические характеристики			УФ	Энергетические характеристики			Коэф. теплопроводности
			% LT	% Нар.	% Внут.	% Проп.	Проп. % DET	Отр. % ER	Погл. % EA	
1	8-15-8	Янтар. Сереб.	34	35	28	11	35	30	35	2,7
2	6-15-6	Сирен. Сереб.	58	37	36	28	53	27	20	2,7

На основе сравнения оптических, энергетических характеристик стеклопакетов, а также значений сопротивления теплопередачи, был выбран второй вариант. Расчет прохождения энергии через ограждение представлен в табличной форме (табл. 5).

Таблица 5

Расчет ограждающей конструкции по оптическим, энергетическим показателям

№ панели	15 декабря				15 сентября				15 июля			
	а 12,5 кВт·ч/м ² ·день	% DET	% ER	% EA	а 9,15 кВт·ч/м ² ·день	% DET	% ER	% EA	а 6,15 кВт·ч/м ² ·день	% DET	% ER	% EA
0	0,125	0,07	0,03	0,03	0,750	0,40	0,20	0,15	1,440	0,76	0,39	0,29
20	0,125	0,07	0,03	0,03	0,767	0,41	0,21	0,15	1,547	0,82	0,42	0,31
40	0,126	0,07	0,03	0,03	0,809	0,43	0,22	0,16	1,759	0,93	0,47	0,35
60	0,128	0,07	0,03	0,03	0,881	0,47	0,24	0,18	2,042	1,08	0,55	0,41
80	0,137	0,07	0,04	0,03	0,990	0,52	0,27	0,20	2,410	1,28	0,65	0,48
100	0,180	0,10	0,05	0,04	1,118	0,59	0,30	0,22	2,779	1,47	0,75	0,56
120	0,288	0,15	0,08	0,06	1,247	0,66	0,34	0,25	3,133	1,66	0,85	0,63
140	0,456	0,24	0,12	0,09	1,373	0,73	0,37	0,27	3,445	1,83	0,93	0,69
160	0,688	0,36	0,19	0,14	1,501	0,80	0,41	0,30	3,707	1,96	1,00	0,74
180	0,958	0,51	0,26	0,19	1,653	0,88	0,45	0,33	3,932	2,08	1,06	0,79
200	1,214	0,64	0,33	0,24	1,819	0,96	0,49	0,36	4,083	2,16	1,10	0,82
220	1,428	0,76	0,39	0,29	2,002	1,06	0,54	0,40	4,156	2,20	1,12	0,83
240	1,581	0,84	0,43	0,32	2,192	1,16	0,59	0,44	4,147	2,20	1,12	0,83
260	1,665	0,88	0,45	0,33	2,351	1,25	0,63	0,47	4,071	2,16	1,10	0,81
280	1,682	0,89	0,45	0,34	2,459	1,30	0,66	0,49	3,989	2,11	1,08	0,80
300	1,639	0,87	0,44	0,33	2,513	1,33	0,68	0,50	3,900	2,07	1,05	0,78
320	1,535	0,81	0,41	0,31	2,513	1,33	0,68	0,50	3,811	2,02	1,03	0,76
340	1,366	0,72	0,37	0,27	2,461	1,30	0,66	0,49	3,722	1,97	1,00	0,74
360	1,136	0,60	0,31	0,23	2,361	1,25	0,64	0,47	3,605	1,91	0,97	0,72
380	0,862	0,46	0,23	0,17	2,222	1,18	0,60	0,44	3,452	1,83	0,93	0,69
400	0,588	0,31	0,16	0,12	2,053	1,09	0,55	0,41	3,308	1,75	0,89	0,66
420	0,374	0,20	0,10	0,07	1,860	0,99	0,50	0,37	3,133	1,66	0,85	0,63
440	0,232	0,12	0,06	0,05	1,657	0,88	0,45	0,33	2,955	1,57	0,80	0,59
460	0,163	0,09	0,04	0,03	1,445	0,77	0,39	0,29	2,744	1,45	0,74	0,55
480	0,139	0,07	0,04	0,03	1,230	0,65	0,33	0,25	2,511	1,33	0,68	0,50
500	0,131	0,07	0,04	0,03	1,031	0,55	0,28	0,21	2,257	1,20	0,61	0,45
520	0,128	0,07	0,03	0,03	0,875	0,46	0,24	0,18	1,990	1,05	0,54	0,40
540	0,126	0,07	0,03	0,03	0,796	0,42	0,21	0,16	1,749	0,93	0,47	0,35
560	0,126	0,07	0,03	0,03	0,759	0,40	0,20	0,15	1,551	0,82	0,42	0,31
580	0,125	0,07	0,03	0,03	0,747	0,40	0,20	0,15	1,443	0,76	0,39	0,29

Примечание: Здесь приведены суммы за сутки.

Экспликация составлена согласно необходимому уровню досвечивания:

	– свыше 1,0 кВт·ч/м ² ·день;
	– от 0,1 до 0,9 кВт·ч/м ² ·день;
	– менее 0,1 кВт·ч/м ² ·день.

Однако солнечной энергии, проходящей через ограждение, может быть недостаточно для запуска фотосинтеза и роста растений, в случае круглогодичного выращивания продукции. Для этого необходимо обеспечить получение определенного уровня лучистой энергии в течение суток. Минимально необходимым уровнем осветительной установки следует считать 40 Вт/м² (при фотопериоде 16 ч. – 0,64 кВт·ч/м² день, при 20 ч. – 0,8 кВт·ч/м² день). Осветительная установка должна будет работать в темное время суток, особенно в осенне-зимний период, и должна полностью обеспечить заданный уровень фотосинтеза [9, 10].

Расчет дополнительного внутреннего искусственного освещения теплицы

Расчет дополнительных затрат на электроэнергию для искусственного освещения помещений теплицы, представлен в табл. 6. На рис. 6-8 приведены планы с графическим изображением дополнительной подсветки для декабря, сентября и июля.

Таблица 6

Расчет требуемых затрат электроэнергии на дополнительное освещение

ориентация	№ панели	15 декабря кВт·ч/м ² ·день		15 сентября кВт·ч/м ² ·день		15 июля кВт·ч/м ² ·день	
		С	60	2,4	2,4	2,0	2,0
З	80	2,4	2,1 -2,5 = 0,4	1,9	1,7 -2,5 = 0,8	1,2	0,6 -2,5 = 1,9
	100	2,3		1,9		1,0	
	120	2,3		1,8		0,8	
	140	2,2		1,7		0,6	
ориентация	№ панели	15 декабря кВт·ч/м ² ·день		15 сентября кВт·ч/м ² ·день		15 июля кВт·ч/м ² ·день	
		З	160	2,1	1,6	0,5	0,3 -2,5 = 2,2
180	1,9	1,6	0,4				
200	1,8	1,6	0,3				
Ю	220	1,7	1,6 -2,5 = 0,9	1,5	1,2 -2,5 = 1,3	0,2	
	240	1,6		1,4		0,2	
	260	1,6		1,3		0,3	
	280	1,6		1,2		0,3	
	300	1,6		1,1		0,4	
	320	1,6		1,1		0,4	
	340	1,7		1,1		0,5	
В	360	1,8	2,2 -2,5 = 0,3	1,2	1,6 -2,5 = 0,9	0,5	0,6 -2,5 = 1,8
	380	2,0		1,3		0,6	
	400	2,1		1,4		0,7	
	420	2,2		1,5		0,8	
	440	2,3		1,6		0,9	
	460	2,3		1,7		1,0	
С	480	2,4	2,4 -2,5 = 0,1	1,8	2,0 -2,5 = 0,5	1,1	0,6 -2,5 = 1,1
	500	2,4		1,9		1,2	
	520	2,4		2,0		1,4	
С	540	2,4	2,4 -2,5 = 0,1	2,0	2,0 -2,5 = 0,5	1,5	0,6 -2,5 = 1,1
	560	2,4		2,0		1,6	

Экспликация составлена согласно необходимому уровню досвечивания:

- 2,5-2,0 кВт·ч/м²·день;
- 1,9-1,6 кВт·ч/м²·день;
- 1,5-1,0 кВт·ч/м²·день;
- 0,9-0,1 кВт·ч/м²·день;
- 0 кВт·ч/м²·день.

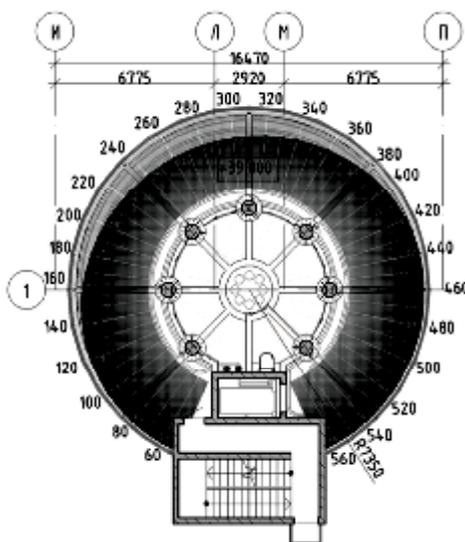


Рис. 6. Графическое изображение дополнительного искусственного освещения для 15 декабря (иллюстрация авторов)

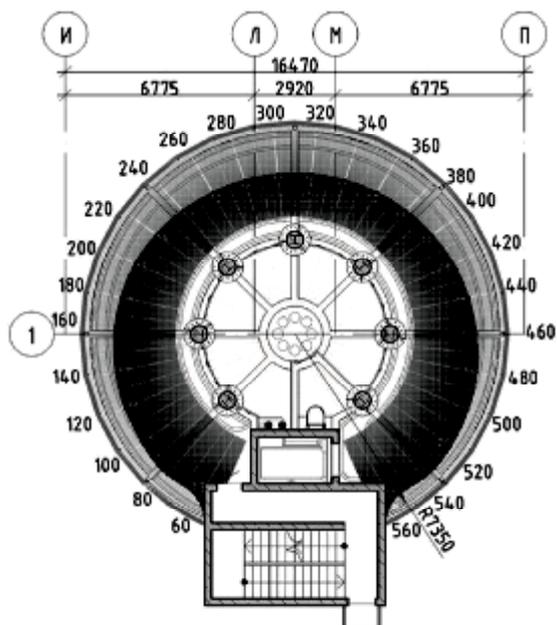


Рис. 7. Графическое изображение дополнительного искусственного освещения для 15 сентября (иллюстрация авторов)

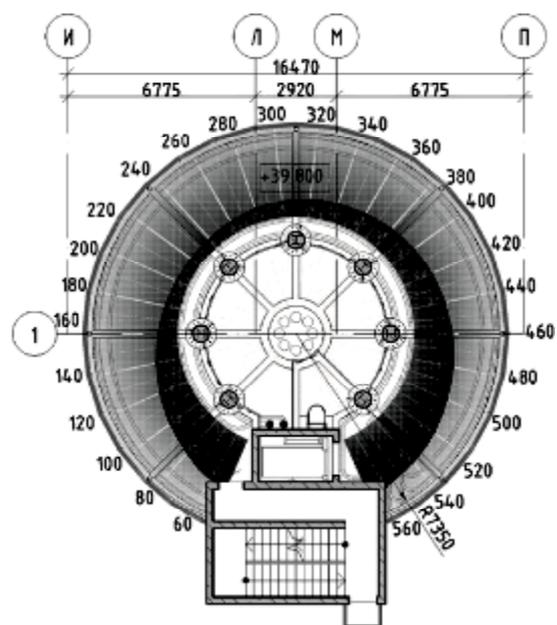


Рис. 8. Графическое изображение дополнительного искусственного освещения для 15 июля (иллюстрация авторов)

На основе выполненного расчета сформированы рекомендации по дозированию дополнительного освещения растений, выращиваемых в теплицах с круглогодичным оборотом с использованием для ограждения конструкцию стеклопакета STOPSOL^{*} SUPERSIJVERCLEAR, на территории г. Тюмени, расположенной на 57° с.ш.:

- в декабре – 2,4 кВт·ч/м²·день для северной ориентации, 2,1 – для западной, 1,6 – для южной и 2,2 – для восточной ориентации;
- в сентябре – 2,0 кВт·ч/м²·день для северной ориентации, 1,7 – для западной, 1,2 – для южной и 1,6 – для восточной ориентации;
- в июле – 1,4 кВт·ч/м²·день для северной ориентации, 0,6 – для западной, 0,3 – для южной и 0,6 – для восточной ориентации.

Заключение

На основе проведенных исследований можно сделать заключение о перспективности развития в г. Тюмени научно-производственных растениеводческих комплексов, в состав которых входят вертикальные теплицы. Большое количество дней с солнечным сиянием способствуют созданию сооружений такого типа. Вертикальные теплицы обладают рядом преимуществ перед одноэтажными:

- они занимают минимальную площадь застройки под сооружение;
- обеспечивают круглогодичный оборот зеленой продукции для снабжения населения;
- способны в автоматическом режиме поддержания климатических характеристик внутренних помещений (температуры, влажности воздуха, дополнительной освещенности).

Однако, при проектировании вертикальной теплицы необходимо создание определенной формы сооружения. Формообразующими являются наружные конструкции ограждения, расположенные под определенным углом и способствующие максимальному пропусканию солнечной энергии внутрь помещений. Необходимы также расчеты по дополнительному искусственному освещению помещений.

Архитектурное решение формы сооружения и использование современных конструкций и материалов создадут интересный образ вертикальной теплицы, которая с достоинством впишется в общую концепцию пространственной композиции научно-производственного комплекса.

Список библиографических ссылок

1. Новикова Н. В. Архитектура предприятий агропромышленного комплекса. М. : Архитектура-С, 2008. 280 с.
2. Панова Г. Г., Черноусов И. Н., Удалова О. Р., Александров А. В. Фитокомплексы в России: основы создания и перспективы использования для круглогодичного получения качественной растительной продукции в местах проживания и работы населения // Астерион. Общество. Среда. Развитие. 2014. № 4. С. 196–203.
3. Демин О. Б., Ельчищева Т. Ф. Проектирование агропромышленных комплексов. Тамбов : ТГТУ, 2005. 180 с.
4. Шубенков М. В. Структурные закономерности архитектурного формообразования. М. : Архитектура-С, 2006. 321 с.
5. Сапрыкина Н. А. Основы динамического формообразования в архитектуре. М. : Архитектура-С, 2005. 312 с.
6. Измерение солнечного излучения в солнечной энергетике // Kipp&Zontn : интернет-изд., 2016. URL: <http://www.kippzonen.com/> (дата обращения: 01.10.2018).
7. Куприянов В. Н. Климатология и физика архитектурной среды. М. : Ассоциация строительных вузов, 2016.
8. Куприянов В. Н. Основные принципы конструирования наружных стен с ограничением конденсации в них парообразной влаги. Строительство и реконструкция / ФГБОУ ВПО Госуниверситет УНПУ. Орел, 2015. С. 120–127.
9. Растения используют квантовые эффекты для усиления фотосинтеза // РИА Новости : интернет-изд. 2013. URL: <https://ria.ru/science/20130621/944793248.html> (дата обращения: 01.10.2018).
10. Квантовый биокомпьютер // 3D-news : интернет-изд., 2012. URL: <https://3dnews.ru/631421> (дата обращения: 01.10.2018).

Rachkova Olga Georgievna

senior lecturer

E-mail: olga.ra4kova@yandex.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Makhmutov Arthur Emilevich

architect

Architectural Bureau «HEADS GROUP»

The organization address: 420107, Russia, Kazan, Hadi Taktash st., 78

**The effect of climatic factors on forming the vertical greenhouses
with in the scientific-production plant growing complex of Tyumen****Abstract**

Problem statement. The purpose of the work is to study the influence of climatic factors on the shaping and space-planning solution of vertical greenhouses within the scientific-production plant growing complex, optimization of solar energy received by fencing surfaces and calculating the necessary artificial lighting of the greenhouse areas.

Results. On the basis of the study and experimental design, the optimal shape of the vertical greenhouse has been constructed, the design of the formative external fencing which contributes to the maximum transmission of solar energy has been found. Obtained the values of dosed additional illumination of plants necessary for their growth.

Conclusions. The significance of the obtained results consists in the creation of a new type of production facility, a vertical greenhouse, taking into account the climatic features of Tyumen, solved in modern architectural style and capable of enriching the overall spatial composition of the complex as a whole.

Keywords: scientific-production plant growing complexes, vertical greenhouse, climate, solar radiation, artificial lighting, enclosing structures.

References

1. Novikova N. V. Architecture of enterprises of the agro-industrial complex. M. : Arhitectura-C, 2008. 280 p.
2. Panova G. G., Chernousov I. N., Udalova R. R., Aleksandrov A. V. Phyto-complexes in Russia: the basics of creation and prospects for use for year-round production of high-quality plant products in the places of residence and work of the population // Asterion. Obshchestvo. Sreda. Razvitiye. 2014. № 4. P. 196–203.
3. Demin O. B., Elchishcheva T. F. Design of agro-industrial complexes. Tambov : TGTU, 2005. 180 p.
4. Shubenkov M. V. Structural regularities of architectural shaping. M. : Arhitectura-C, 2006. 321 p.
5. Saprykina N. A. Basics of dynamic shaping in architecture. M. : Arhitectura-C, 2005. 312 p.
6. Measurement of solar radiation in solar energy // Kipp & Zontn : Internet-ed., 2016. URL: <http://www.kippzonen.com/> (reference date: 10.01.2018).
7. Kupriyanov V. N. Climatology and physics of the architectural environment. M. : Assotsiatsiya stroitel'nykh vuzov, 2016.
8. Kupriyanov V. N. The basic principles for the design of external walls with limited condensation of vaporous moisture in them. Construction and Renovation / UNPU. Orel, 2015. P. 120–127.
9. Plants use quantum effects to enhance photosynthesis // RIA Novosti : Internet-ed. 2013. URL: <https://ria.ru/science/20130621/944793248.html> (reference date: 10.01.2018).
10. Quantum biocomputer // 3D-news : Internet-ed., 2012. URL: <https://3dnews.ru/631421> (reference date: 10.01.2018).