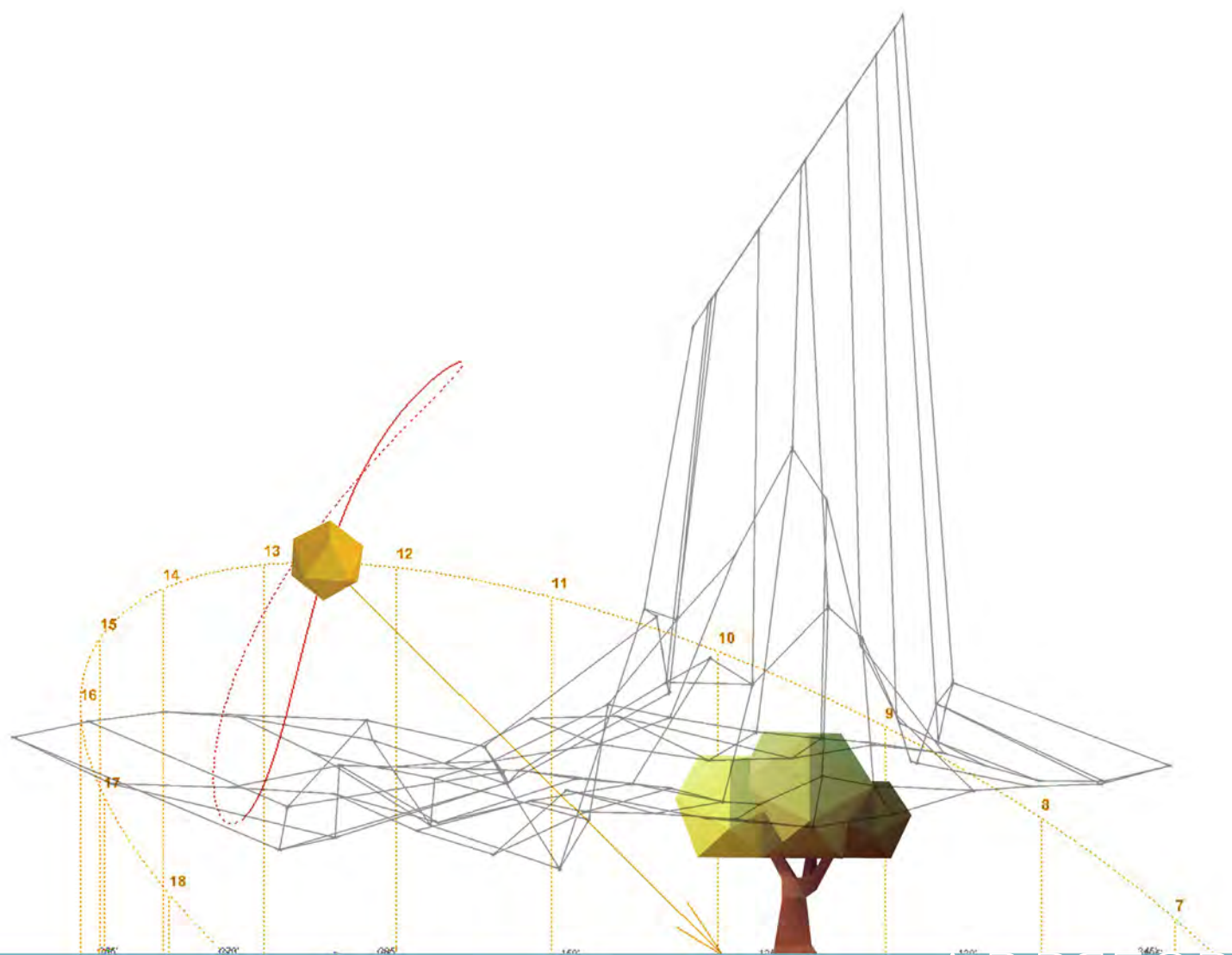




# Проектирование Теплиц Анализ Солнечного Излучения



А.В.РЯБОВ  
МОСКВА 2016



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ СТАНДАРТ  
НАПРАВЛЕНИЕ АРХИТЕКТУРА

# Проектирование Теплиц Анализ Солнечного Излучения

Допущено УМО по образованию в области архитектуры в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по направлению "Архитектура"

А.В.РЯБОВ  
МОСКВА 2016

УДК 725.631.23(075.8)

ББК 85.11:39.752я73

Р 98

Рецензент:

- доцент кафедры «Архитектурная физика» МАРХИ, кандидат архитектуры

А.Г. Приходько

Рецензент:

- доцент кафедры «Ландшафтной архитектура» РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, кандидат сельскохозяйственных наук Д.В. Калашников

**Рябов А.В.**

**Р 98**

**Проектирование теплиц. Анализ солнечного излучения: учебное пособие –**

М.: МАРХИ, 2016

ISBN 978-5-9906443-6-6

В учебном пособии показаны принципы проектирования теплиц с учетом солнечного излучения. На примере проектов тепличного комплекса, разработанных под руководством автора, демонстрируется методика анализа влияния солнечного излучения на здание. На основании полученных результатов предлагается аналитический подход к моделированию светопрозрачных ограждающих конструкций теплиц. Предназначено для студентов архитектурных ВУЗов и факультетов в качестве пособия для курсового и дипломного проектирования.

ББК 725:631.23(075.8)

УДК 85.11:39.752я73

ISBN 978-5-9906443-6-6

© Рябов А.В., 2016

© Макет, оформление: Рябов А.В., 2016

© Графические схемы: Рябов А.В., 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	<b>5</b>
Глава 1. Ориентация теплиц относительно сторон света	<b>6</b>
Глава 2. Факторы, определяющие геометрическую форму теплиц	<b>13</b>
Глава 3. Анализ теплицы с учетом солнечного излучения	<b>20</b>
Заключение	<b>46</b>
Контрольные вопросы	<b>48</b>
Библиография	<b>50</b>

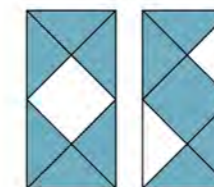
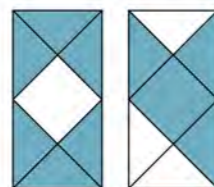
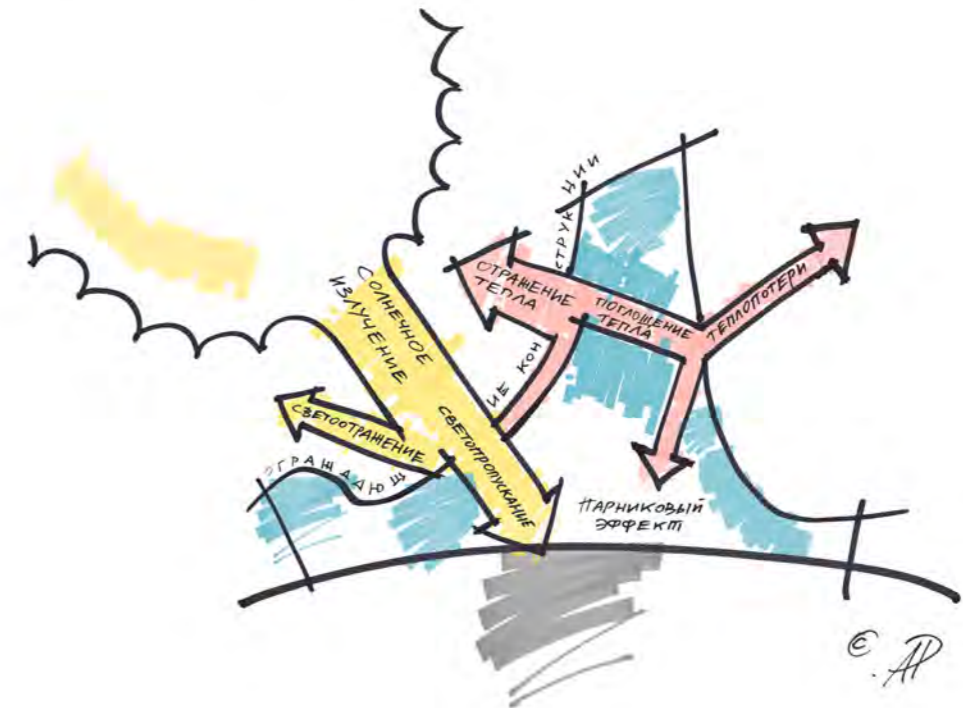
# ПРЕДИСЛОВИЕ

Студенты, обучающиеся по специальности «Архитектура», сталкиваются с задачей проектирования культивационных сооружений не только при разработке объектов сельского хозяйства, но и в проектах гражданских зданий, где оранжерея или теплица носит не производственный, а рекреационный характер. Но в независимости от социальной функции культивационного сооружения его основная задача состоит в обеспечении специальных условий для выращивания и содержания растений. Эти условия заключаются в создании подходящего искусственного внутреннего микроклимата и в обеспечении растений необходимым количеством солнечного света. Оба условия связаны друг с другом, а их эффективность напрямую зависит от взаимодействия солнечного излучения со светопрозрачной ограждающей оболочкой, являющейся основным элементом культивационного сооружения.

На эффективность культивационных сооружений влияют все составляющее лучистой энергии солнца – прямое, рассеянное и отраженное излучение, – а также ее производные – тепловой и световой эффекты. Тепловой эффект является определяющим показателем для климатических условий внутри теплицы. От него зависит степень парникового

эффекта. Другая важнейшая задача при проектировании культивационных сооружений заключается в обеспечении растений требуемым количеством квантов солнечного света – частицами, без которых невозможен обмен веществ растений. Для этого необходимо учитывать световой эффект. Освещенность теплицы зависит не только от светопропускающей способности ограждающих конструкций, но и от формы контактной рабочей поверхности, которая должна принимать требуемое количество солнечной радиации в течение всего кульвационного периода.

Таким образом, проектируя теплицы или оранжереи, студенты должны решать две основные задачи: поглощение поверхностью сооружения требуемого количества солнечной радиации и обеспечение внутреннего микроклимата на основе парникового эффекта. Обе задачи сводятся к моделированию ограждающей светопрозрачной оболочки здания. Цель настоящего учебного пособия – ознакомить студентов с аспектами такого моделирования и предложить аналитический алгоритм проектирования теплиц с учетом солнечного фактора.



# Ориентация теплиц относительно сторон света

Лучистая энергия солнца – это основной фактор, который определяет процесс проектирования теплиц и других культивационных сооружений. К сожалению, приходится отметить, что в учебных курсовых работах, в частности в курсовой работе «Теплично-оранжерейный комплекс», студентами не уделяется достаточного внимания солнечному фактору. Как правило, в этих случаях весь комплекс задач сводится к элементарной ориентации светопрозрачного ската кровли на южную сторону. Такой подход является поверхностным и не подразумевает ознакомление студентов с технологиями выращивания растений и проблемами эффективного использования солнечного фактора.

Положение солнца на небосводе постоянно меняется и зависит от времени суток и времени года. Солнечный фактор величина непостоянная. Главная задача при проектировании культивационного сооружения состоит в моделировании его статической оболочки таким образом, чтобы растения получали необходимое количество лучистой энергии ежедневно в

течение всего производственного периода, при этом необходимо избегать затенения или перегрева отдельных участков.

Наиболее распространенными типами культивационных сооружений являются ангарные и блочные многопролетные теплицы. Чаще всего угол наклона скатов у таких теплиц составляет 25-30°. Эта величина продиктована совокупностью факторов: количеством солнечной лучистой энергии, светопропусканием, продуваемостью и снижением ветровой нагрузки, движением снеговых масс, конденсацией влаги на внутренней поверхности ската, удельных затрат стройматериалов и эксплуатации.

Опыт эксплуатации культивационных сооружений свидетельствует о том, что не существует однозначного приоритета в отношении ориентации теплиц по сторонам света. Так, например, теплицы ангарного и арочного типа могут иметь как широтную (коньком вдоль параллели, с запада на восток), так и меридиональную ориентацию (конек направлен вдоль меридиана, то есть с севера на юг).

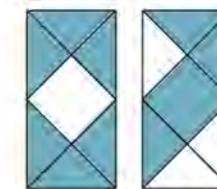
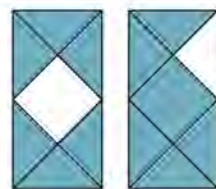
В отличие от зимних сооружений утепленного грунта ориентация весенних теплиц не имеет принципиального значения. Вопрос ориентации теплицы сводится к конфигурации внутреннего культивационного оборудования, однако, согласно результатам практических исследований, севернее 60° с.ш. наиболее эффективной оказывается широтная ориентация.

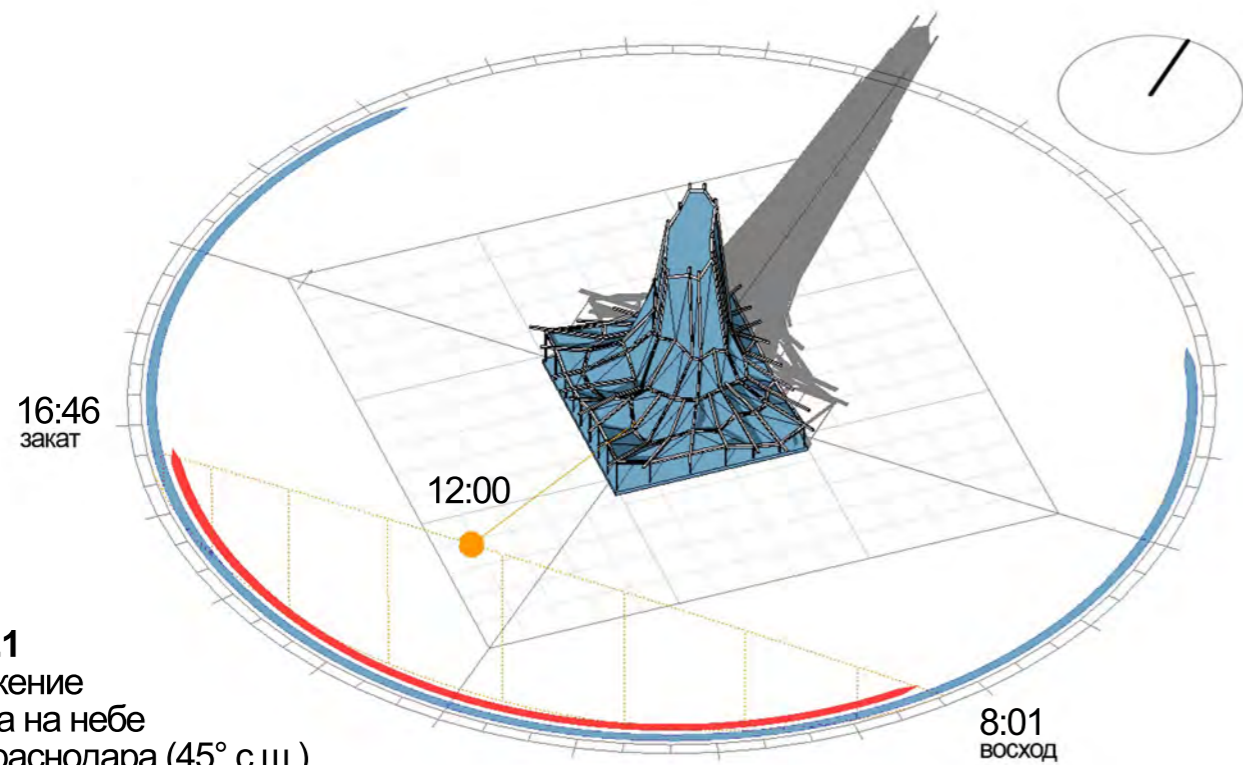
Согласно нормам технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады НТП 10-95 «Овощные и рассадно-овощные теплицы круглогодичного использования на широтах 35-60° с.ш., как правило, ориентируют коньками кровли в широтном направлении, для рассадно-овощных теплиц весенне-осеннего использования на широтах 40-65° с.ш. целесообразна меридиональная ориентация. При выборе площадки строительства под культивационные сооружения во всех зонах необходимо отдавать предпочтение площадкам на южных склонах». Эта рекомендация основывается на ряде важных моментов, которые необходимо рассмотреть подробнее.

Во-первых, необходимо понимать функциональное назначение теплицы, а точнее ее культурооборот. Под культурооборотом в культивационных сооружениях понимают чередование культур, последовательно сменяющих одна другую в течение одного года. Культурооборот составляется для каждого вида культивационных сооружений. При его планировании исходят из необходимости выращивания необходимого количества рассады сроку, а также получения максимального урожая

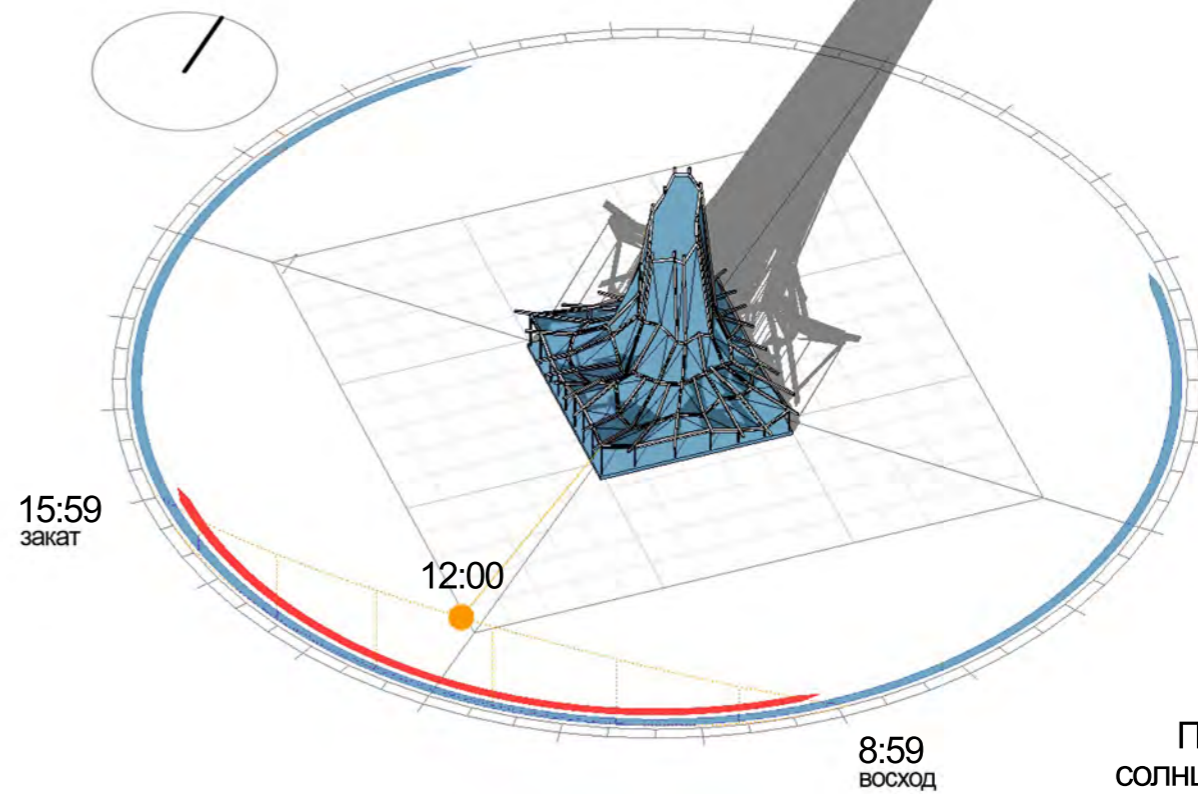
овощей при их наименьшей себестоимости с единицы площади за весь год. В процессе учебного проектирования культивационных сооружений необходимо понимать, где в разрабатываемом сооружении планируется рассадный культурооборот, а где урожайный, и, исходя из специфики растений и технологии выращивания оценить сезонность эксплуатации соответствующих культивационных помещений.

Конечно, в данном вопросе обучение по специальности «Архитектура» не подразумевает углубления в технологические тонкости, которые могут оказаться излишними, но необходимо руководствоваться материалами по курсу лекций по соответствующей специальности. Как правило, студенты проектируют теплицы не сезонного, а круглогодичного использования, и в этом случае необходимо стремиться к тому, чтобы в зимний период, когда солнце не поднимается высоко над горизонтом, и световой период не продолжителен, растения получали бы максимальное количество света. Сравним положение солнца на небосводе в день зимнего солнцестояния на севере и на юге России. Рисунки 1.1-1.6, выполненные средствами программы Autodesk Ecotect, наглядно иллюстрируют, насколько незначителен световой период в зимние дни. По этой причине в первую при разработке культивационных сооружений необходимо решать вопросы эффективного использования солнечной радиации в зимний период. Именно этот момент, определяющий функциональную целесообразность проекта, должен лежать в основе процесса проектирования.

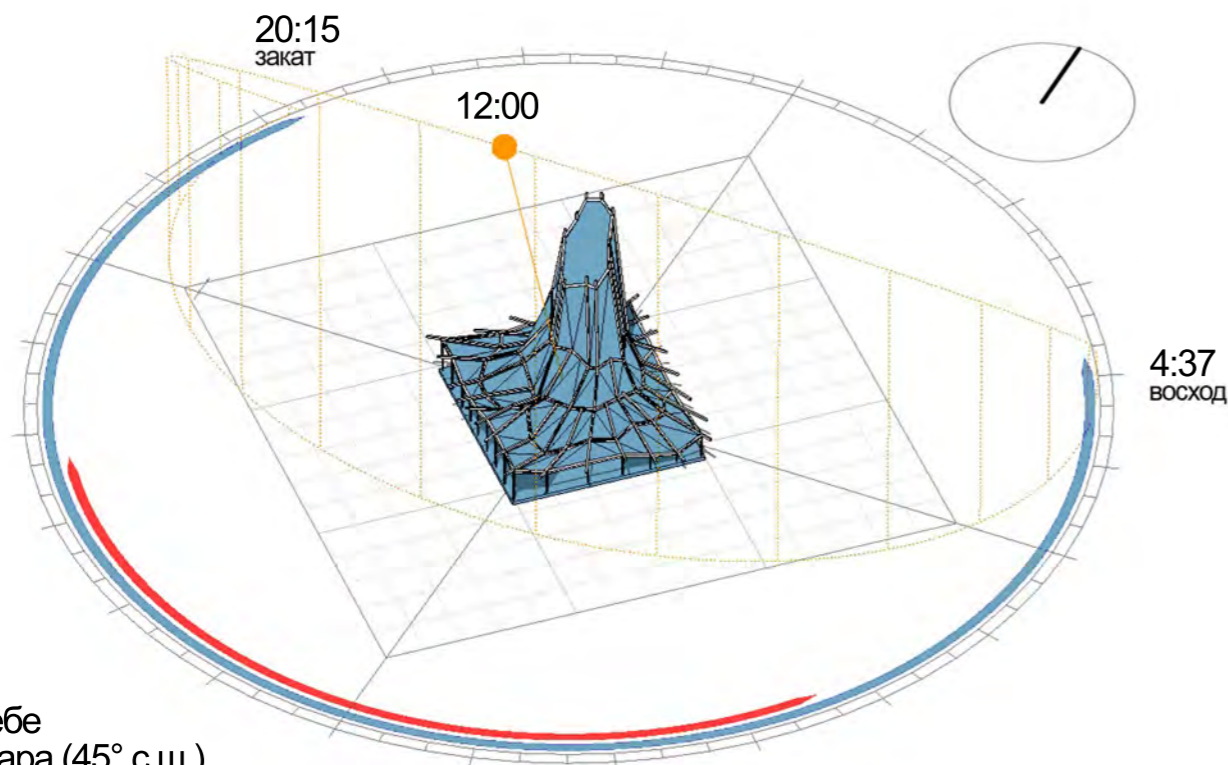




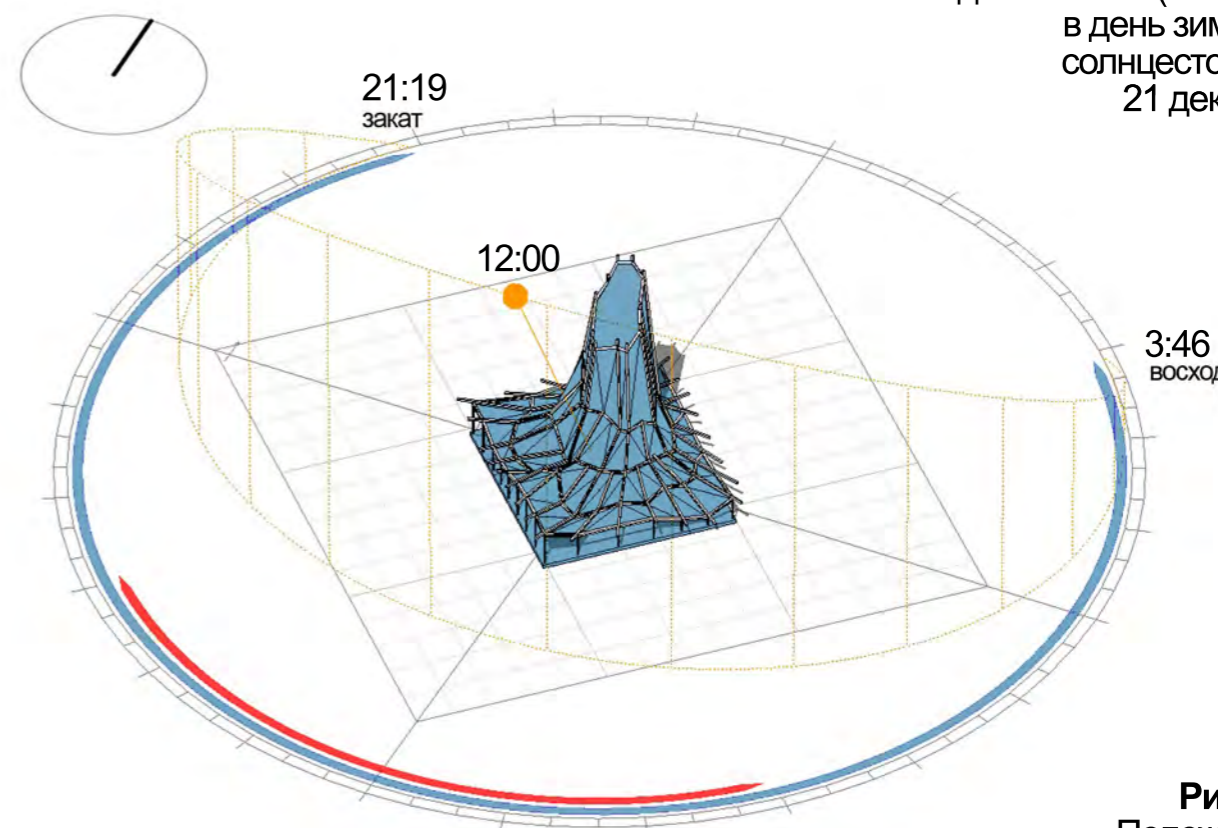
**Рис.1.1**  
 Положение солнца на небе для Краснодара (45° с.ш.) в день зимнего солнцестояния 21 декабря



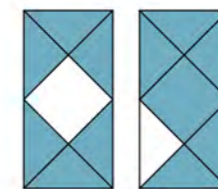
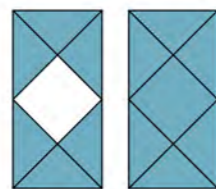
**Рис.1.3**  
 Положение солнца на небе для Москвы (55° с.ш.) в день зимнего солнцестояния 21 декабря

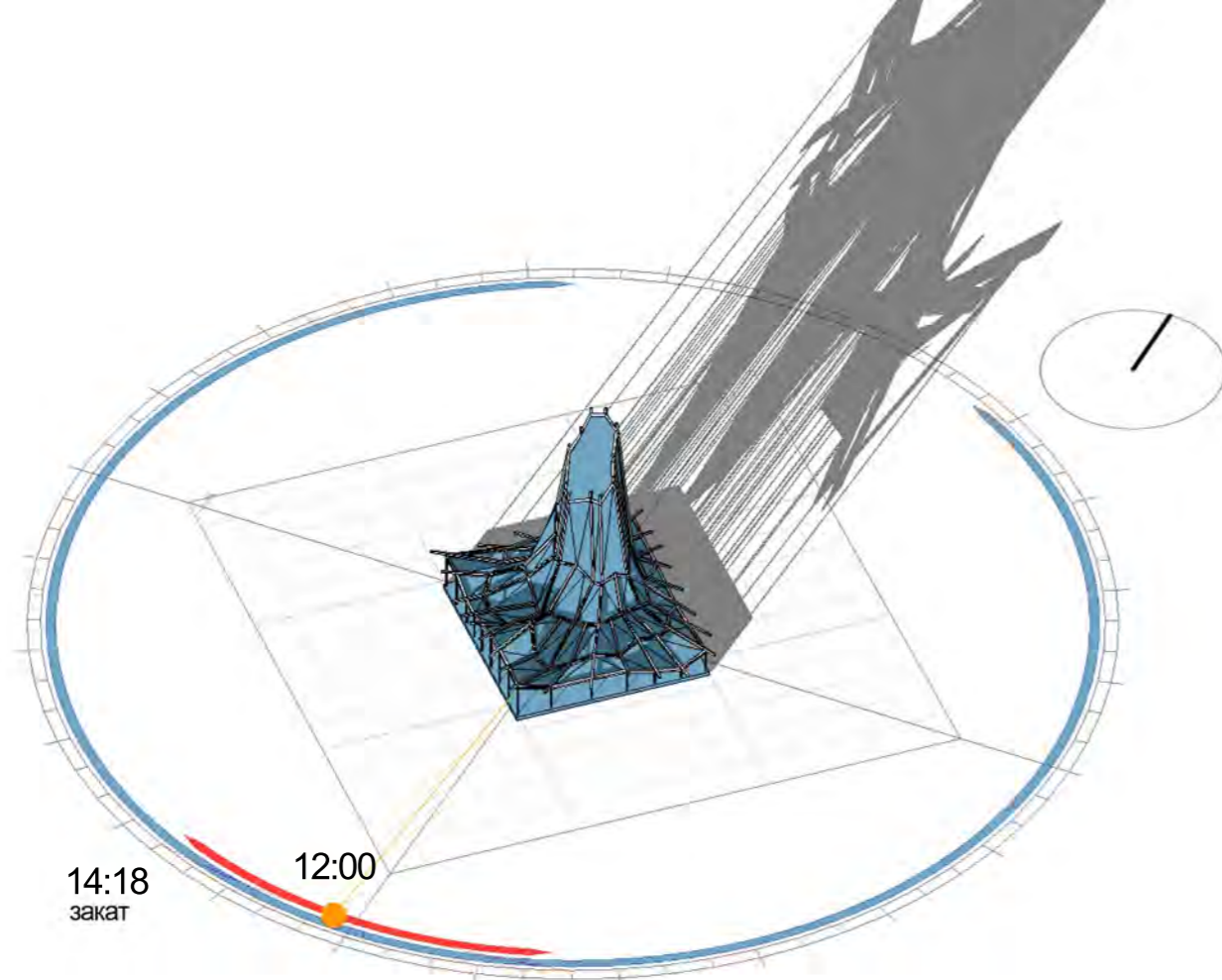


**Рис.1.2**  
 Положение солнца на небе для Краснодара (45° с.ш.) в день летнего солнцестояния 21 июня

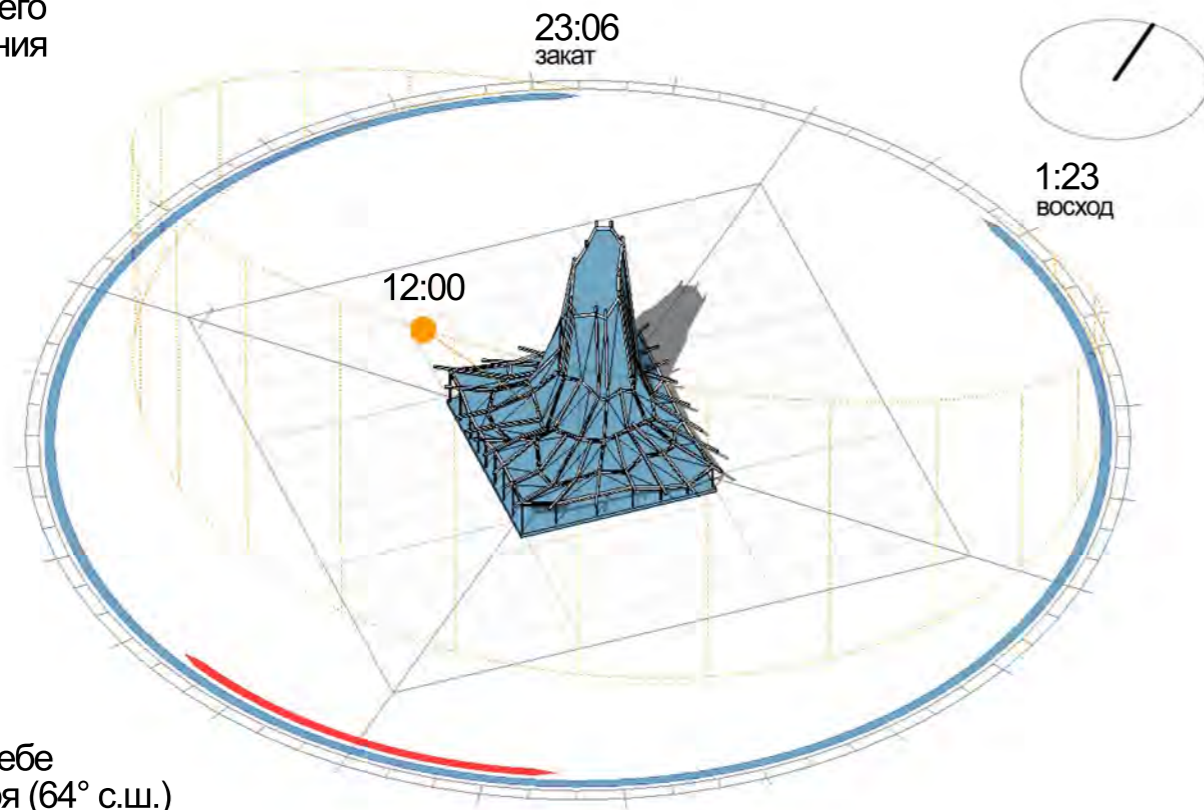


**Рис.1.4**  
 Положение солнца на небе для Москвы (55° с.ш.) в день летнего солнцестояния 21 июня

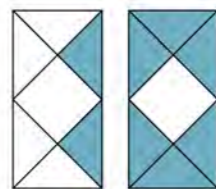




**Рис.1.5**  
Положение солнца на небе для Анадыря (64° с.ш.) в день зимнего солнцестояния 21 декабря



**Рис.1.6**  
Положение солнца на небе для Анадыря (64° с.ш.) в день летнего солнцестояния 21 июня



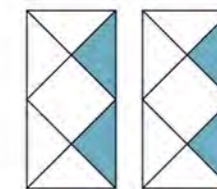
Светопроницаемость атмосферы непостоянная величина. Как свидетельствуют материалы практических исследований Института оптики атмосферы имени В. Е. Зуева СО РАН, после полудня прозрачность атмосферы снижается в среднем на 10% по сравнению с утренними часами. В связи с этим необходимо проектировать теплицу таким образом, чтобы ограждающая оболочка и растения были максимально открыты солнечным лучам именно в это время дня, что позволит снизить энергозатраты на электродосвечивание и обогрев. Растения лучше прогреваются при расположении их рядов по направлению солнечных лучей. В результате температура воздуха в теплице и поверхности растения быстрее уравниваются. Это позволяет снизить конденсацию влаги на остывших за ночь растениях.

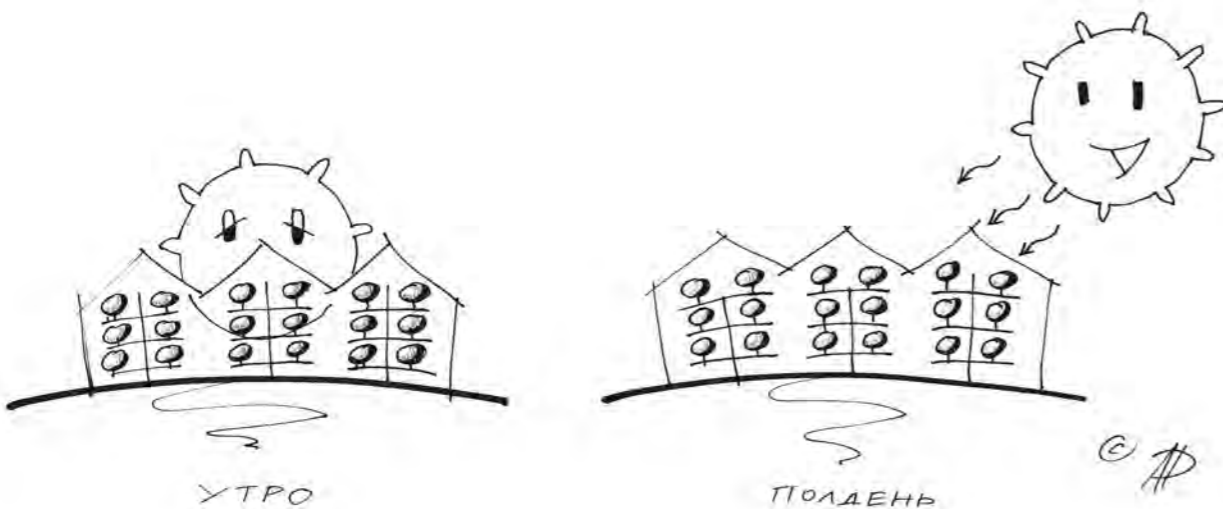
Еще один немаловажный фактор при выборе ориентации теплиц по сторонам света связан с особенностью технологии выращивания растений. Дело в том, что во многих теплицах для размещения растений используются вертикальные стеллажи или шпалеры. Такое оборудование с одной стороны позволяет более компактно разместить растения, но с другой стороны приводит к затенению – чем выше ряды, тем больше вероятности того, что растения расположенные на нижних стеллажах не получают необходимого света. Рассмотрим два варианта расположения рядов

растений в теплице – широтный и меридиональный.

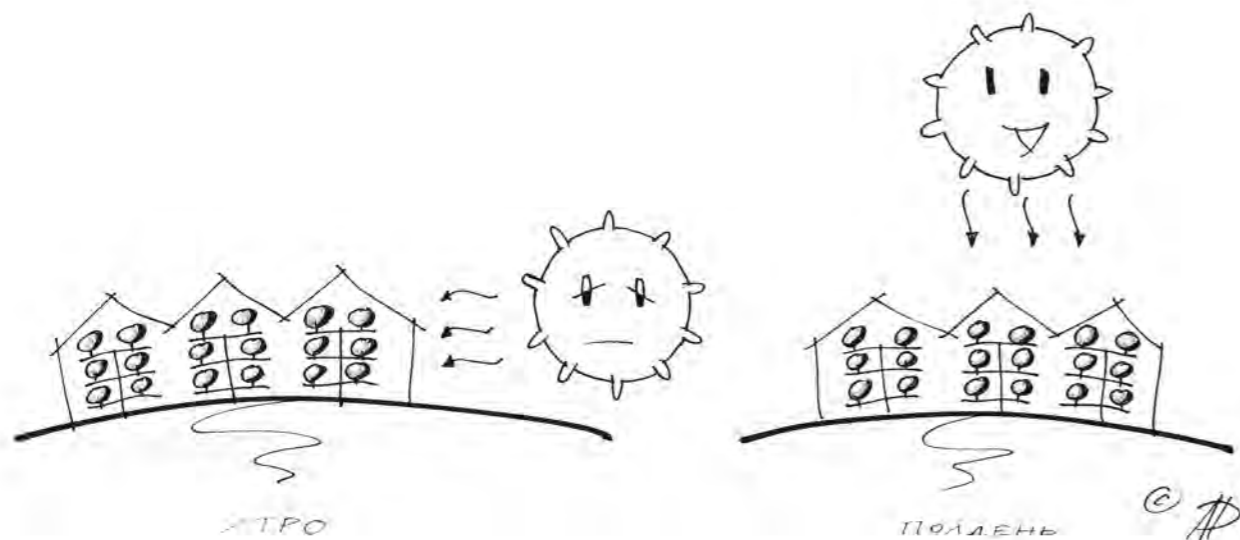
Как показывает рисунок 1.7, при меридиональной ориентации ряды, расположенные на восточной стороне, будут затенять все остальные ряды растений в теплице. Ближе к полудню солнце поднимется над горизонтом и сместится к югу. В это время солнечные лучи будут падать между рядами таким образом, что свет не будет поступать растениям, расположенные на нижних стеллажах. Вечером растения, расположенные с западной стороны, будут затенять все остальные растения в теплице.

Более эффективна широтная ориентация рядов (рис. 1.8). В утренние и вечерние часы низкие лучи солнца будут падать между рядами, обеспечивая равномерное распределение света по растениям. В районе полудня солнце, находясь в максимально высоком положении над горизонтом на южной части небосвода, будет также равномерно освещать ряды растений с минимальной тенью от соседних рядов. Однако надо иметь в виду, чем севернее расположена теплица, тем ниже ряды растений. В теплицах, расположенных в северных широтах, в зимний период при низком полуденном солнце южные ряды будут затенять на все остальные растения. По этой причине при размещении теплицы севернее 60° с.ш. допустима только широтная ориентация теплиц.





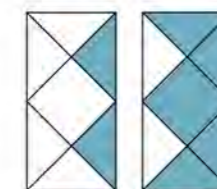
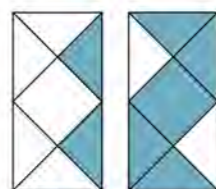
**Рисунок 1.7**  
Ряды растений при широтной привязке теплицы на широтах 35–60° с.ш.



**Рисунок 1.8**  
Ряды растений при меридиональной привязке теплицы на широтах 35–60° с.ш.

Описанный подход к выбору ориентации теплиц по сторонам света касается в первую очередь теплиц ангарного и арочного типа, а также блочных многопролетных теплиц. Студенты в рамках курсового проектирования, как правило, стремятся к более сложным архитектурным формам. И если в случае

с простой по форме теплицей можно руководствоваться общими знаниями по светологии, то для правильного моделирования ограждающей оболочки теплицы сложной геометрической формы необходим специальный аналитический подход, которому посвящена третья глава пособия.



## Факторы, определяющие геометрическую форму теплиц

Как видно из предыдущей главы, солнечная энергия при своей основополагающей роли не является единственным и исключительным фактором в формообразовании культивационных сооружений. В целом можно выявить четыре принципа архитектурного формообразования, характерных для промышленных теплиц – функциональное зонирование, технология выращивания растений, моделирование гелиоприемной оболочки и полифункциональность используемых элементов. Именно эти принципы формообразования, помимо основополагающих исторически сложившихся принципов, в совокупности определяют уникальный архитектурный образ современных промышленных теплиц.

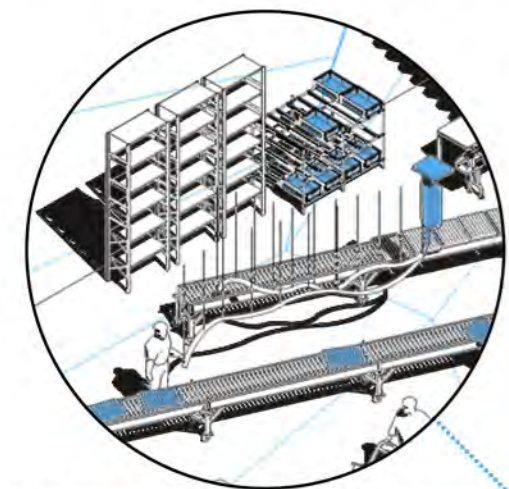
Функциональное зонирование тепличного комплекса это процесс определения размеров и формы отдельных зон тепличного комплекса и их взаимодействия между собой. В первую очередь необходимо правильно организовать климатическое зонирование. В каждой зоне создаются особые условия (освещенность, температурно-влажностного режим, содержание углекислого газа и пр.) в соответствии с культурой и стадией культивации. В современной ситуации усложнился процесс зонирования самой культивационной зоны. Это связано с активным использованием в промышленном растениеводстве технологий, которые в недавнее время находились еще на экспериментальном уровне. В результате культивационная зона теплицы насыщена средствами

механизации, роботизации и компьютеризации процессов выращивания растений. Снижается роль человеческого труда, что требует соответствующего подхода к функциональному зонированию. Растущая популярность экспериментального растениеводства определяет необходимость в соответствующих лабораторных и опытных культивационных помещениях – фитотронах, климатронах и пр. Помимо этого тепличные комплексы в виду их уникальности интересны для проведения экскурсий и обучающих программ, что также оказывает влияние на общую функциональную схему здания.

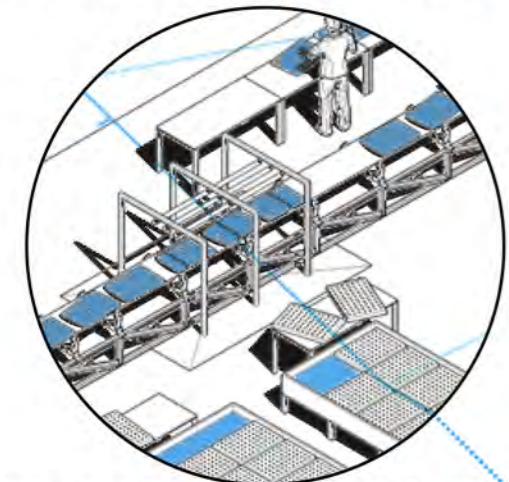
Внедрение в промышленное растениеводство новых технологий выращивания стало причиной появления различных по своей форме теплиц. На сегодняшний день активно используются культивационные конвейеры, системы выращивания растений без грунта – гидропоника и аэропоника. В связи с этим в теплицах используются гидропонные пруды, оросительные колонны. Все активнее осваивается аквапоника – технология сельского хозяйства, объединяющая гидропонику и аквакультуру (выращивание водных животных). Освоение вертикальных конвейерных теплиц способствовало появлению нового типа агропромышленных зданий – вертикальной фермы. В целом культивационные здания выросли по вертикали и стали более компактными в плане соотношения занимаемой площади и мощности производства (см. рис. 2.1).



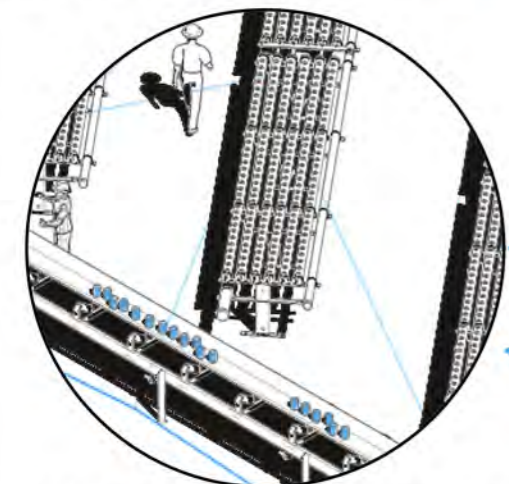
**Рисунок 2.1** Технология выращивания растений определяет форму и размеры ограждающей оболочки культивационного сооружения, которая корректируется с учетом солнечного фактора. На рисунке представлена гидропонная технология выращивания пищевых травянистых растений. Конфигурация оборудования, его габариты и расположение является основой формы теплицы с покрытием из тетрафторэтилена.



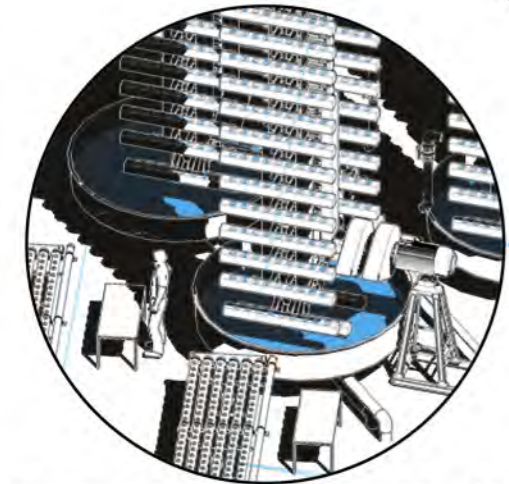
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕМЯН НА ПОДДОНАХ С ПОМОЩЬЮ ВАКУУМНОГО НАСОСА



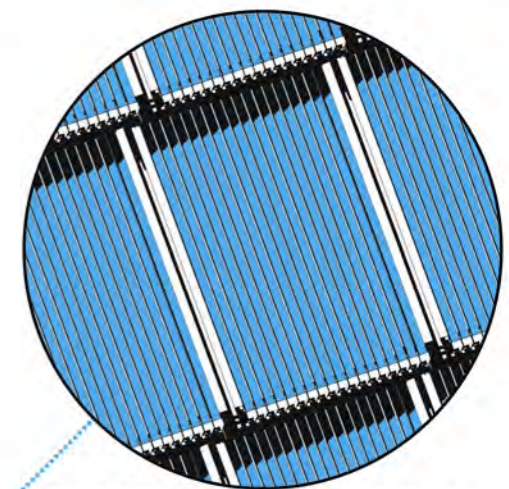
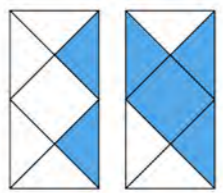
ПОЛИВ ОАЗИСОВ С СЕМЕНАМИ И ПОМЕЩЕНИЕ ИХ В ПРУДЫ



ПЕРЕСАДКА РАССАДЫ В ГОРШОЧКИ



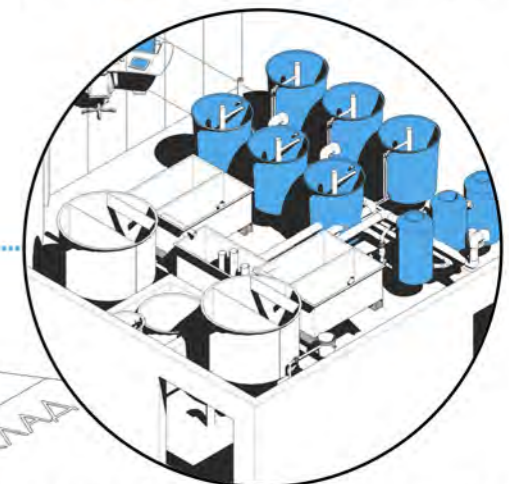
РАЗМЕЩЕНИЕ ЛОТКОВ С ГОРШОЧКАМИ НА ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕПЛИЦЫ СИСТЕМЫ РУТНЕРА



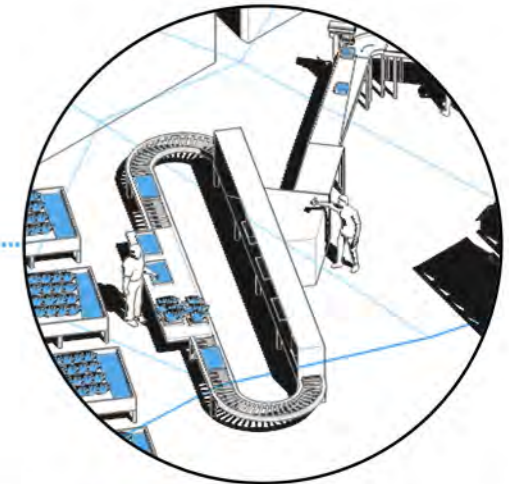
СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР С ПОВОРОТНЫМИ СЕКЦИЯМИ НА НАИБОЛЕЕ ОСВЕЩЕННОМ МЕСТЕ ТЕПЛИЦЫ



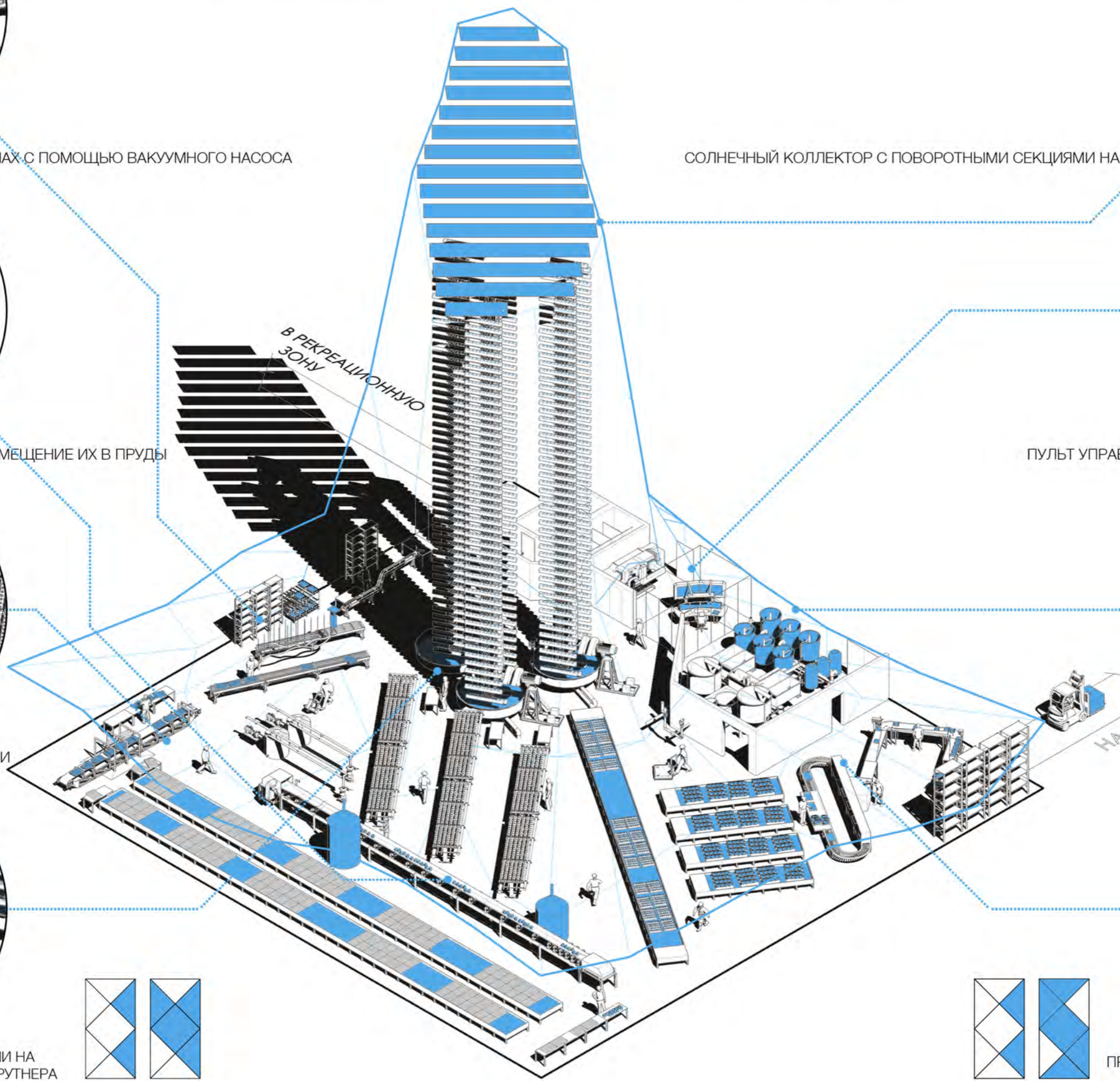
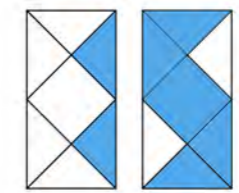
ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ



УЗЕЛ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРОВ И ПОЧВ

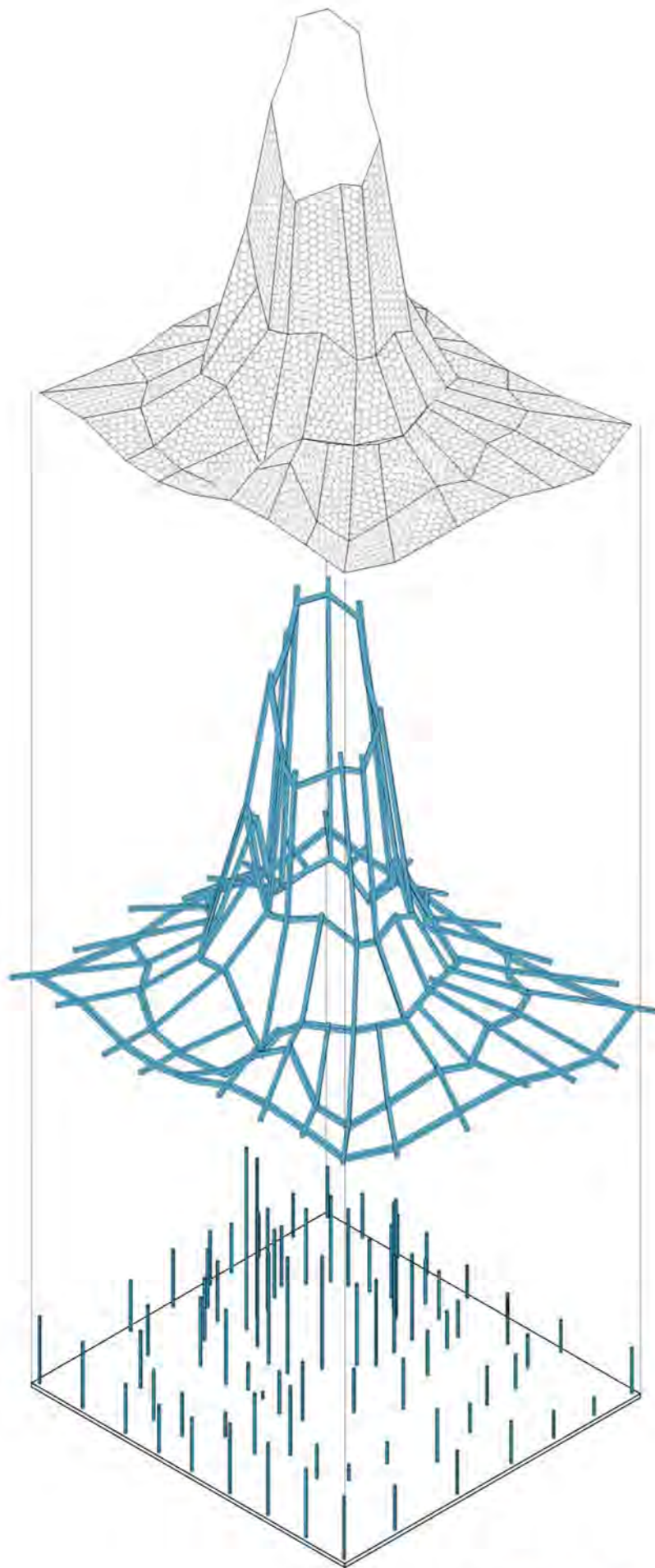


ПРОМЫВКА И УПАКОВКА СОЗРЕВШИХ РАСТЕНИЙ



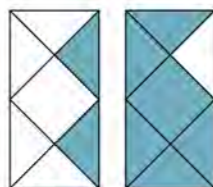
В РЕКРЕАЦИОННУЮ ЗОНУ

НА СКЛАД



## Рисунок 2.2

Конструктивная схема теплицы, разложенная на крупные составляющие элементы: оболочку покрытия из тетрафторэтилена, деревянные пролетные балки, металлодеревянные опоры и бетонное основание



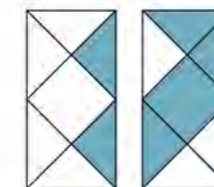
Эффективность теплицы связана с количеством лучистой энергии, проходящей сквозь светопрозрачную поверхность ограждающих конструкций. В современной ситуации технологии позволяют отойти от типовой ангарной формы теплицы и смоделировать более сложную и более эффективную форму гелиоприемной поверхности с использованием средств компьютерного проектирования. С началом использования в строительстве мягких оболочек, таких как тетрафторэтилен, появилась возможность возводить теплицы со сложной геометрической формой ограждающей поверхности. Основная задача заключается в создании несущего остова, выполняющего роль скелета теплицы. Для этого необходимо решение в виде арочных или рамных конструкций, пространственных и купольных структур или подвесных вантовых оболочек. Все эти средства способствуют уникальному архитектурному образ теплиц.

Моделируя оболочку теплицы, нужно иметь в виду, что конденсация влаги на «подоле» является естественным результатом при перепаде температур. Запотелость светопрозрачных конструкций и падение капель на растения - неблагоприятные факторы. Такая капель в теплице может приводить не только к переувлажнению, но и к ожогам листьев из-за образования водяных линз, концентрирующих солнечные лучи. В связи с чем, следует избегать плоскостей с уклоном менее  $30^\circ$ , так как при этом уклоне капли всего скорее будут осыпаться, а при более крутом уклоне конденсат будет скатываться по поверхности ограждающей оболочки. В последнем случае в теплице предусматривается специальная система сбора и отвода конденсата.

Вертикальность конструкции у предлагаемой здесь в качестве примера теплицы способствует быстрому скатыванию конденсата. Однако при такой высотной структуре сооружения возникает проблема неравномерного распределения углекислого газа. Так как

воздух легче углекислого газа, растения в верхней части теплицы могут испытывать углекислотный дефицит. По этой причине следует организовать механическую систему подпитки при помощи газогенераторов или котельной. В любом случае в теплице должны быть предусмотрены форточки, даже в случае использования покрытия из мягких оболочек, как, например, тетрафторэтилен. Особое внимание должно быть уделено возможности регуляции температуры, в первую очередь для предотвращения перегрева растений в дневные часы и для и охлаждения воздуха в теплице ночью. Ночное понижение температуры в теплице обеспечивает не только значительную прибавку урожая из-за ослабления дыхания растений, но и способствует повышению качества продукции.

Еще одним фактором формообразования современных тепличных комплексов является полифункциональность элементов. Например, ограждающая оболочка может использоваться, помимо своего прямого назначения, как резервуар для сбора дождевой или талой воды или как концентратор ветровых потоков в зоне ветроприемных устройств. Лучистая энергия солнца может поступать в теплицу в избытке, зачастую даже неблагоприятном для растений и внутреннего микроклимата. На наиболее освещенных участках ограждающей поверхности теплицы могут устанавливаться солнечные батареи, одновременно обеспечивающие затенение культивационных помещений. Также теплицы могут быть организованы в нефункционирующих промышленных объектах, таких как элеваторы, коровники, силосные башни и градирни. Полифункциональность тепличных комплексов обеспечивает им роль в общемировом процессе так называемого «устойчивого развития», и наряду с остальными тремя характерными факторами формообразования определяет выразительность архитектуры и подход к проектированию современных промышленных теплиц.



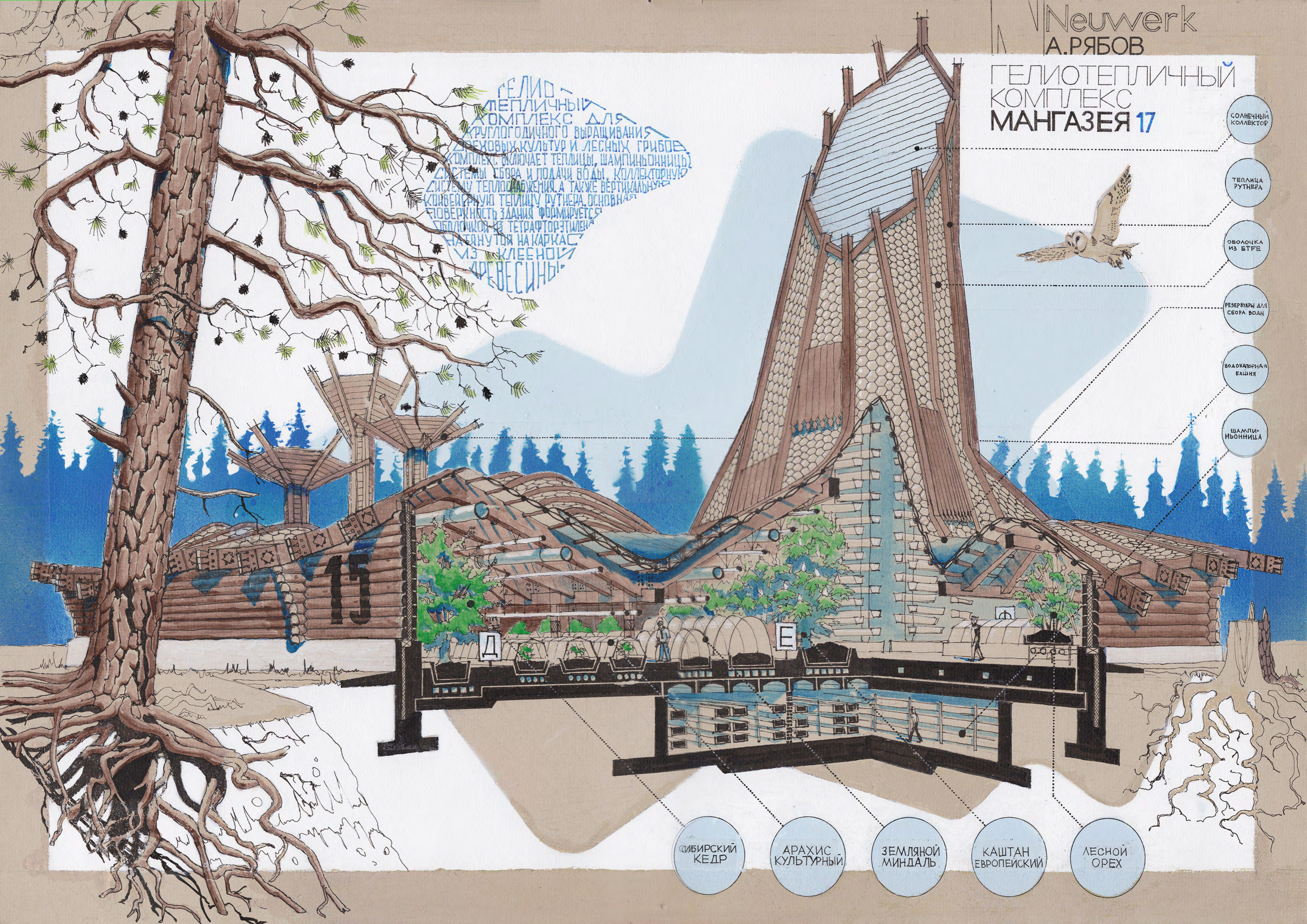
Neuwerk  
А.РЯБОВ

# ГЕЛИОТЕПЛИЧНЫЙ КОМПЛЕКС МАНГАЗЕЯ 17

ГЕЛИО-  
ТЕПЛИЧНЫЙ  
КОМПЛЕКС ДЛЯ  
КРУГОГОДИЧНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ  
ОРЕХОВЫХ КУЛЬТУР И ЛЕСНЫХ ГРИБОВ.  
КОМПЛЕКС ВКЛЮЧАЕТ ТЕПЛИЦЫ, ШАМПИЦЫ  
С ИССТЕМОЙ СБОРА И ПОДАЧИ ВОДЫ, КОЛЛЕКТОРНУЮ  
СИСТЕМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, А ТАКЖЕ ВЕРТИКАЛЬНУЮ  
КОНВЕЙЕРНУЮ ТЕПЛИЦУ РУТНЕРА. ОСНОВНАЯ  
ПЛОЩАДЬ ЗДАНИЯ ФОРМИРУЕТСЯ  
СБОЛОЖИКОМ ИЗ ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА  
НАТЯНУТОМ НА КАРКАС  
ИЗ КЛЕЕНОЙ  
ДЕРЕВЕСИНЫ.

- СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР
- ТЕПЛИЦА РУТНЕРА
- ОБОЛОЧКА ИЗ БТФЕ
- РЕЗЕРВУАР ДЛЯ СБОРА ВОДЫ
- ВОДОКАПОРНАЯ БАШНЯ
- ШАМПИЦЫ

- СИБИРСКИЙ КЕДР
- АРАХИС КУЛЬТУРНЫЙ
- ЗЕМЛЯНОЙ МИНДАЛЬ
- КАШТАН ЕВРОПЕЙСКИЙ
- ЛЕСНОЙ ОРЕХ



# В Анализ теплицы с учетом солнечного излучения

После того как мы определились со схемой технологического процесса и оборудованием, мы начинаем моделировать ограждающую оболочку нашей теплицы. В нашем случае это покрытие сложной геометрической формы. При этом необходимо держать в уме конструктивную схему сооружения, которую всегда следует раскладывать на крупные составляющие элементы, например; оболочка покрытия из тетрафторэтилена, деревянные пролетные балки, металлодеревянные опоры и бетонное основание (см. рисунок 2.2). Теперь наша задача, прежде чем перейти к финальной детальной проработке проекта, смоделировать наиболее эффективное покрытие. Как уже отмечалось выше, покрытие теплицы это не только ограждающая оболочка, но и светопрозрачная гелиоприемная рабочая поверхность, и ее геометрическая форма определяет эффективность теплицы. Следовательно, без анализа солнечного фактора не обойтись. Дать оценку («на глаз») невозможно. Это будет крайне упрощенная оценка либо с очень большими погрешностями, либо ошибочная, а в нашем случае требуется научно-обоснованный профессиональный подход. К счастью на сегодняшний день уже имеются системы компьютерного проектирования, позволяющие производить анализ влияния окружающей среды на проектируемое здание в самых разных аспектах. Технологии стремительно развиваются, программа совершенствуются, а

задача архитекторов следить за новациями в проектной сфере и повышать свой профессионализм.

Решая нашу задачу, первым делом нам потребуется оценить количество солнечной радиации попадающей на покрытие нашей теплицы и проходящей внутрь. Эту задачу сегодня позволяют решить различные программы ANSYS, Autodesk Ecotect Analysis, Autodesk Revit, Autodesk Varsari, CFDDesign, IESVE и др. В учебном проектировании важно получить наиболее точный результат, избегая при этом излишнего погружения в технические сложности. Архитектор должен проанализировать свое здание настолько, чтобы в тот момент, когда за проектирование возьмутся инженеры смежных специальностей, они бы не столкнулись с фундаментальными ошибками, требующими серьезных изменений на объемно-планировочном уровне. Конечно архитектору не нужно погружаться в изучение физических аспектов солнечного фактора и в алгоритмы расчетов, и не следует для этих целей осваивать сложные программы, подразумевающие специальные знания пользователя. Студентам нужно выбрать программу, освоение которой займет несколько часов, и не отнимет много времени от основного проектирования, а результат при этом будет достаточно точным и наглядным, подходящим для размещения на экспозиционных планшетах. В этом отношении,

основываясь на личном опыте, я рекомендую Autodesk Ecotect Analysis – простую и удобную программу, выпускаемую компанией Autodesk, производящей такие популярные среди архитекторов продукты как 3ds MAX, AutoCAD и Revit.

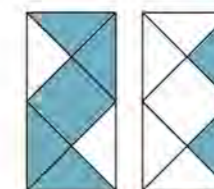
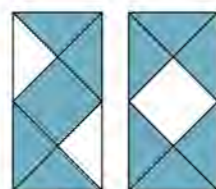
Autodesk Ecotect Analysis является инструментом так называемого «экологического анализа», что позволяющим пользователям моделировать энергоэффективные аспекты на самых ранних стадиях концептуального проектирования. Программа сочетает в себе функции анализа с интерактивной визуализацией, которая представляет результаты анализа непосредственно в контексте модели здания.

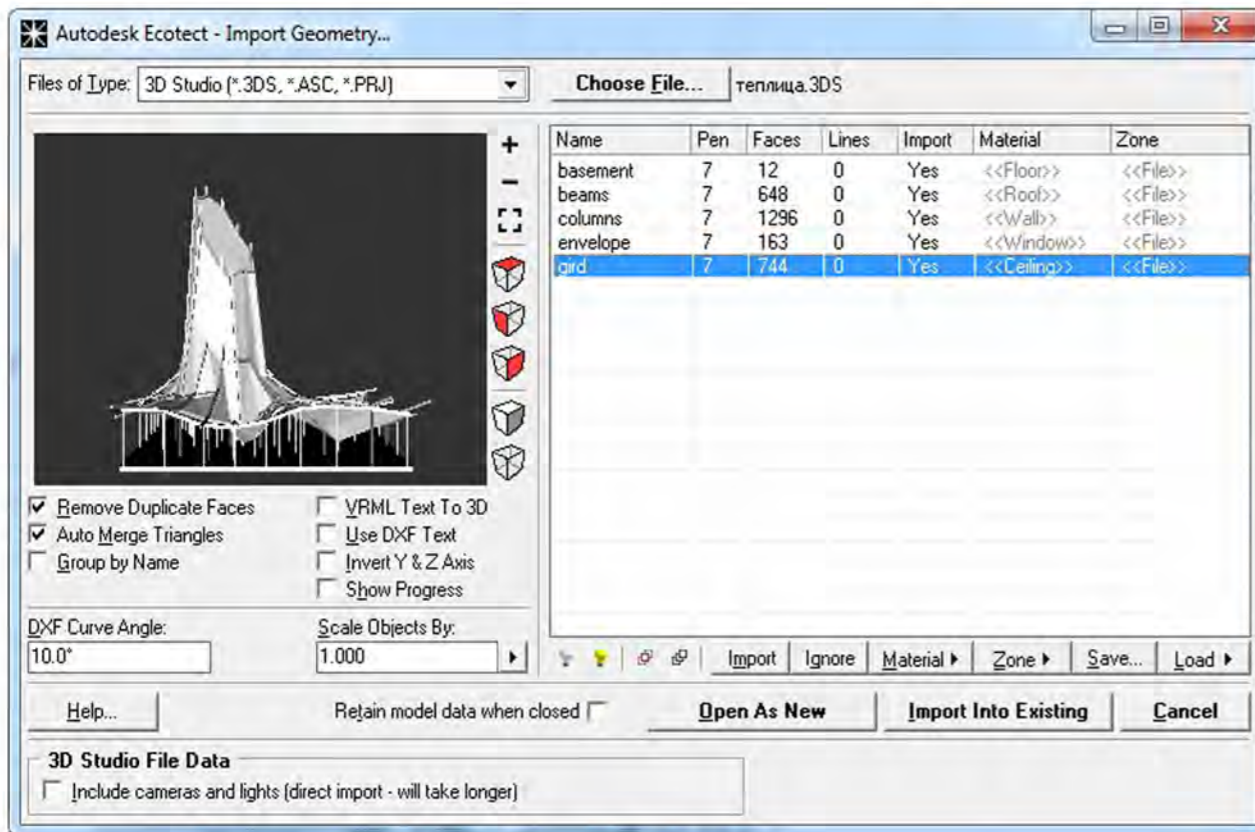
В июне 2008 года, Ecotect был приобретен Autodesk у Square One Research. Autodesk увеличил набор инструментов, которые дополнили рабочую среду Revit BIM. Ecotect отличается от других инструментов анализа тем, что он нацелен на самые ранние этапы проектирования, в то время, когда простые решения могут иметь далеко идущие последствия для окончательного проекта. Объединение визуализации и анализа на стадии, когда проект достаточно «пластичен» и в состоянии легко подвергаться изменению со стороны архитектора, имеет важнейшее значение для достижения требуемой производительности процесса проектирования современных энергоэффективных зданий. На сегодняшний день Ecotect позволяет рассчитать и оценить: солнечную радиацию; затенение и отражения солнечного света; освещенность естественными и искусственными источниками света; элементы энергетической модели здания (температурный комфорт, теплопроводность внешнего контура здания и т.д.); солнцезащиту; акустику; видимость (зрительную просматриваемость) здания; жизненный цикл здания (ресурсы, стоимость материалов и т.д.). Мы остановимся только на тех аспектах, которые имеют первостепенное отношение к форме теплиц, и начнем с анализа солнечной радиации. Примеры наших

расчетов будут выполнены в текущей версии программы Autodesk Ecotect Analysis 2011.

Для начала нам потребуется импортировать геометрическую 3d модель нашей теплицы. Ecotect поддерживает многие форматы, но для решения нашей задачи удобнее всего будет использовать универсальный формат – файл 3d studio - \*.3ds. В таком формате вы можете сохранить вашу модель из программ 3dsMAX, Archicad, AutoCAD, SketchUp. Если вы проектируете в Autodesk Revit, то можете сохранить вашу модель в формате \*.dxf. Важно иметь в виду то, что для экологического анализа в системе Ecotect высокая детализация модели может оказаться излишней. Как правило, это значительно увеличивает время расчета без явных преимуществ в результатах анализа. Тем более если вы планируете разместить визуализацию ваших расчетов на проектной планшете, то упрощенная принципиальная модель будет смотреться более выигрышно и наглядно как в информационном плане, так и в графическом. В связи с этим вам потребуется подготовить упрощенную трехмерную заготовку или болванку, которая отражает основные геометрические формы элементов вашей теплицы. Программа Ecotect имеет свой достаточно удобный инструмент для 3d моделирования, но мы не будем останавливаться на нем внимание по той причине, что освоение новой программы всегда занимает время, а работа студентов архитектурных специальностей над курсовыми и дипломными проектами подразумевает обязательное использование трехмерной модели. По этой причине, в целях экономии времени, мы рекомендуем использовать основную проектную модель, адаптируя ее для анализа в системе Ecotect.

Итак, после того как у вас готова модель в формате \*.3ds., запустите Ecotect Analysis и в разделе File основного меню выбираем → Import → 3D CAD Geometry... На появившемся окне нажимайте кнопку Choose File и указываете директорию вашего файла. Меню Import Geometry... выглядит следующим образом (рис. 3.1):





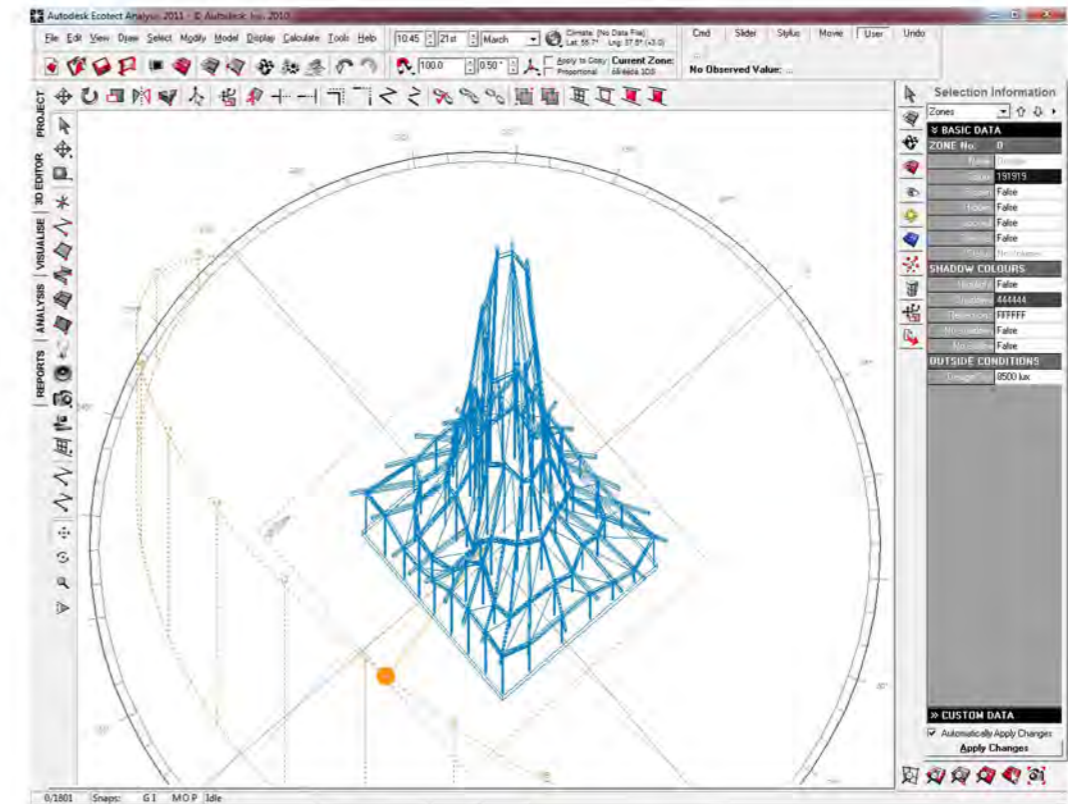
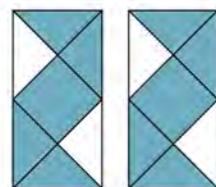
**Рисунок 3.1**

Настройки в окне импорта геометрии

Обратите внимание на список в правой части меню, - перед сохранением в формате \*.3ds мы разделили нашу модель на пять основных групп элементов в соответствии с их материалами. Такое разделение сильно облегчит работу. Рекомендуем у каждого элемента в пункте Material вместо параметра Guess (по предположению) выбрать параметр, соответствующий его функциональному назначению – крыша, потолок, стена и т.д. Это значительно упростит ваши дальнейшие действия.

Проверьте, чтобы у вас стояли галочки рядом с пунктами Remove Duplicate Faces и Auto Merge

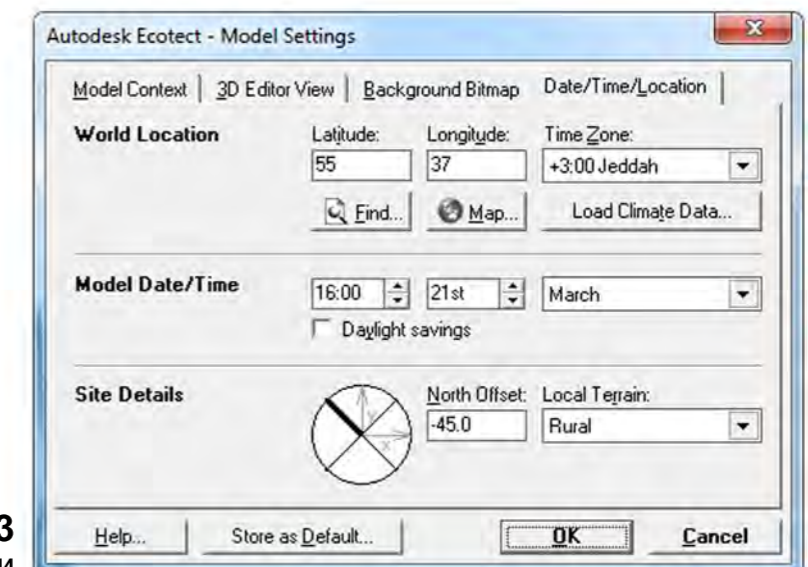
Triangles. Это позволит избежать излишней геометрии. Проверьте масштаб в пункте Scale Object By – обычно архитекторы используют в работе миллиметры. Если ваша болванка была подготовлена в миллиметрах, то при коэффициенте 1.000, установленном по умолчанию, ваша модель импортируется в миллиметрах. В другом случае вы можете выбрать нужный пункт меню, соответствующий вашему масштабу. Нажимайте кнопку Open As New, и ваша трехмерная заготовка импортируется в Ecotect Analysis. Теперь наше рабочее пространство выглядит так (рис. 3.2):



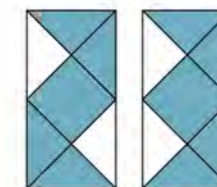
**Рисунок 3.2** Рабочее пространство Ecotect Analysis 2011

Сохраним файл и перейдем к настройке параметров. В основном меню выбираем закладку Menu→Model Settings. На появившемся меню нас интересует закладка Date/Time/Location (рис. 3.3). В разделе World Location определяем географические координаты. Нажав кнопку Find, вы можете

ввести название города вручную или выбрать из предлагаемого списка. Для примера выберем расположение нашей теплицы в Москве (рис. 3.4). Затем в разделе Model Data/Time вы можете установить время и дату, а в разделе Site Details вы можете изменить ориентацию модели относительно сторон света.



**Рисунок 3.3** Окно настроек модели



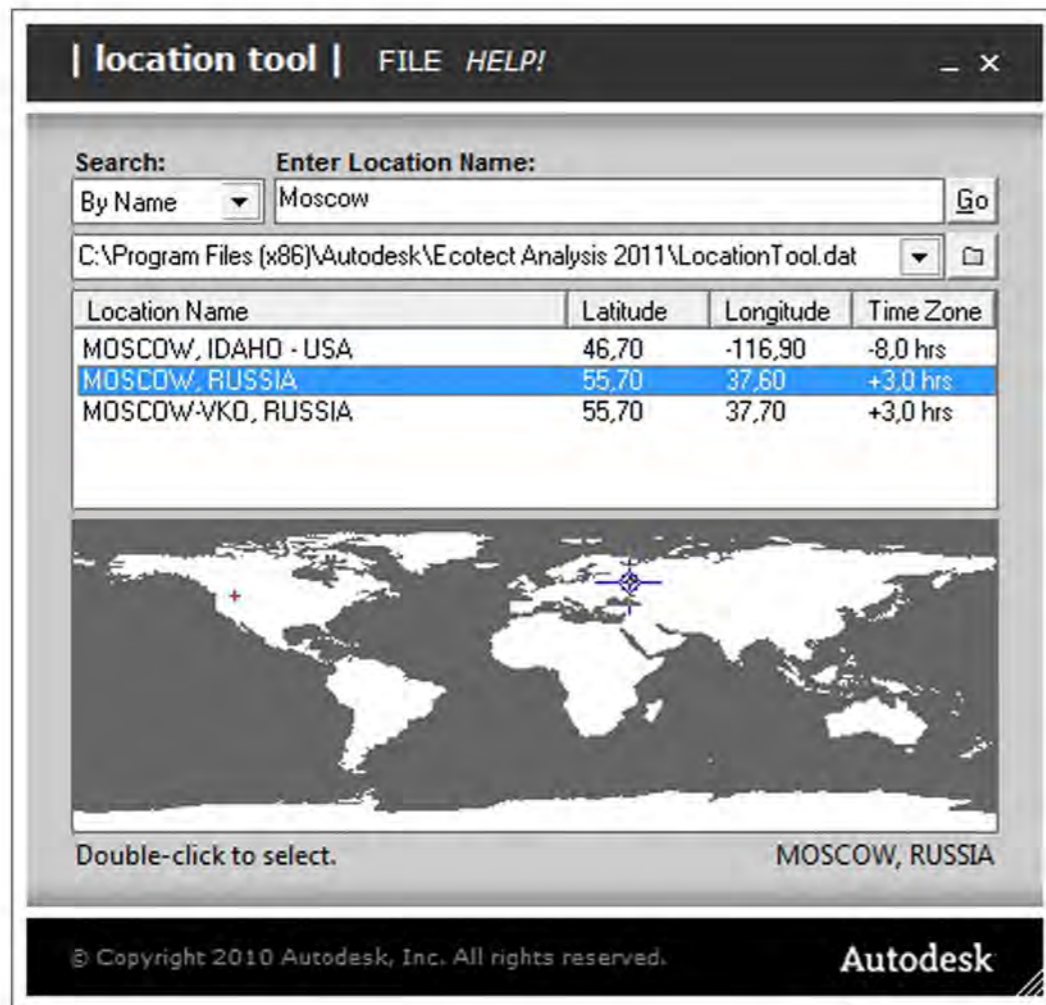


Рисунок 3.4 Настройки в окне географической локации

Следующим шагом нам необходимо назначить элементам модели материалы. Для этого выбираем группу объектов либо вручную, либо (если модель сложная) воспользовавшись разделом Select главной панели. Во всплывающем меню вам предлагаются варианты выборки элементов по типу элемента (By Element Type), по ориентации (By Orientation), по индексу объекта (By Object Index), по списку (By Schedule), по материалу (By Material), или по зоне (By Zone). Как вы помните, при импорте мы определили параметр Material для каждого элемента модели и теперь мы можем без проблем выбирать группы элементов из соответствующего списка By Element Type. Прежде всего, выделим элементы типа Window и назначим материал для светопрозрачной оболочки нашей теплицы (рис. 3.5). Справа находится контрольная панель, содержащая разделы Selection Information, Zone Management, Material Assignments, Display

Settings, Visualisation Settings, Shadow Settings, Analysis Grid, Rays & Particles, Parametric Objects, Object Transformation, Export Manager и Script Manager. В первом разделе Selection Information, в подразделе Basic Data, в пункте Pri Material выбираем Select Material. Во всплывающем окне выбирайте материал наиболее соответствующий вашему проектному решению. Например, DoubleGlazed... TimberFrame (двойной остекление с деревянными рамами) (рис. 3.6). Так же в пункте Pri Material вы можете выбрать подпункт Properties и на всплывающем окне детально настроить параметры материала (рис. 3.7). Нажав кнопку No Highlight в правом верхнем углу окна, вы можете выбрать тип анализа, например Solar Analysis, после чего пункты меню, отвечающие за те свойства материала, которые имеют непосредственное влияние на результат, будут окрашены в красный цвет. Теперь материал для нашей светопрозрачной ограждающей оболочки

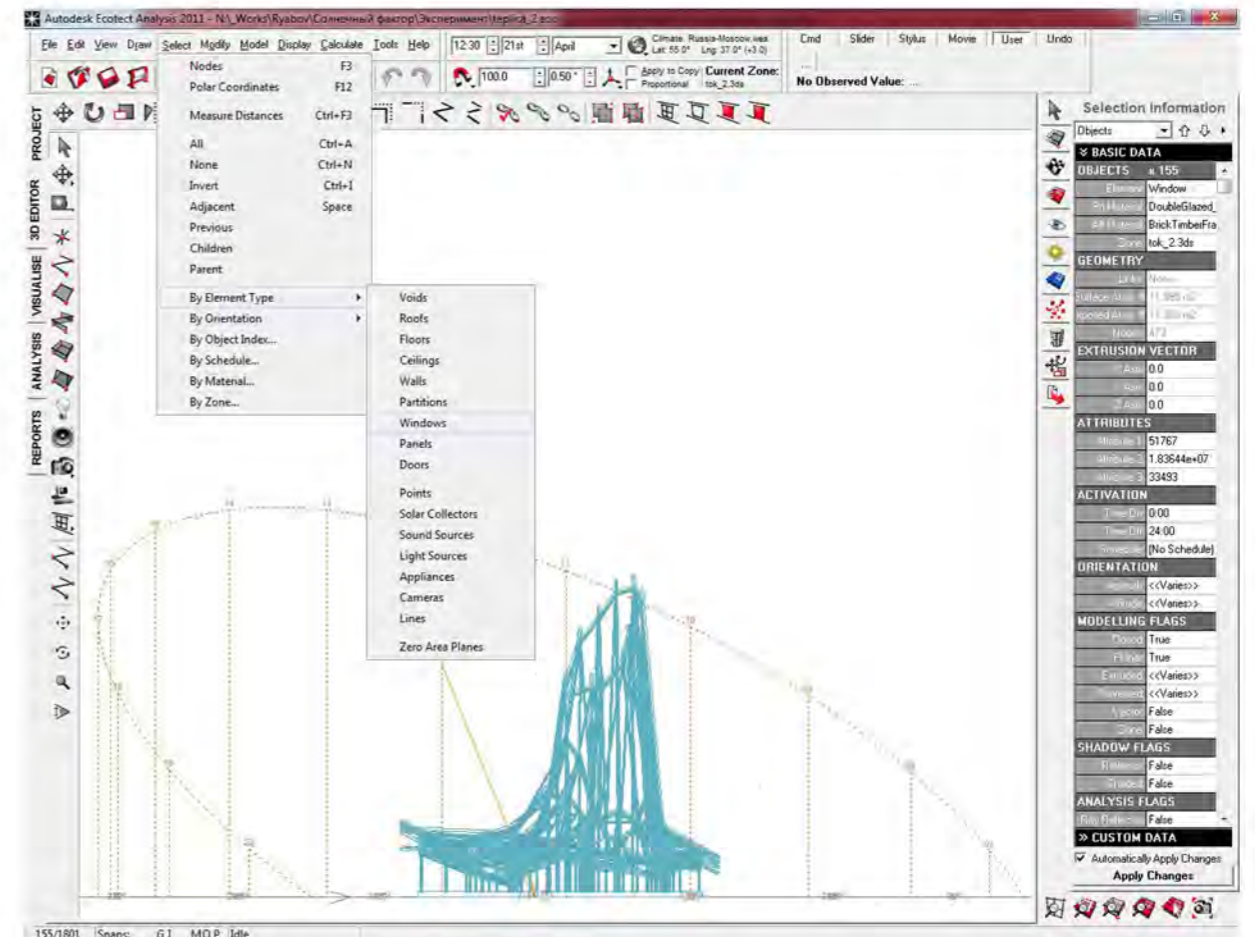
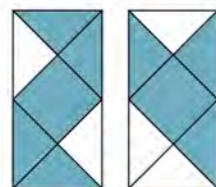


Рисунок 3.5 Меню выбора

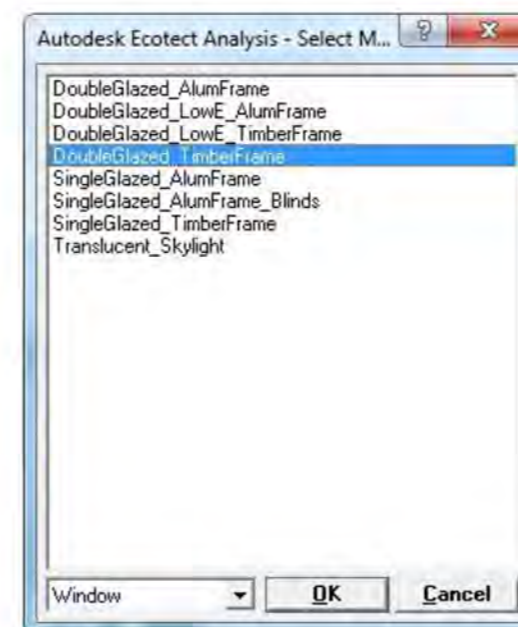
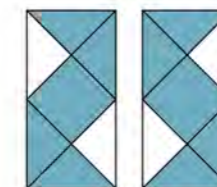


Рисунок 3.6  
Окно выбора материалов

определен, и аналогичным способом вы присваиваете материалы остальным элементам модели. В нашем примере мы присвоим конструкциям каркаса материал TimberCladMasonry, имитирующий дерево, а фундаментной плите ConcSlab\_Carpeted\_OnGround, имитирующий бетон. Теперь наша модель готова к расчетам. Вы можете включить отображение ежедневного и годового движения солнца и показ теней. Эти визуализации вы можете использовать на проектных планшетах как дополнительный графический материал, иллюстрирующие особенности географического расположения вашей теплицы и специфику ее ориентации по сторонам света (рис. 3.8).

Для начала анализа солнечной радиации выделяем объекты модели, формирующие светопрозрачную оболочку теплицы, и выбираем в основном меню закладку Calculate→Solar Access Analysis. Теперь на всплывающих окнах нам предлагается в семь шагов задать настройки для расчета. В первом



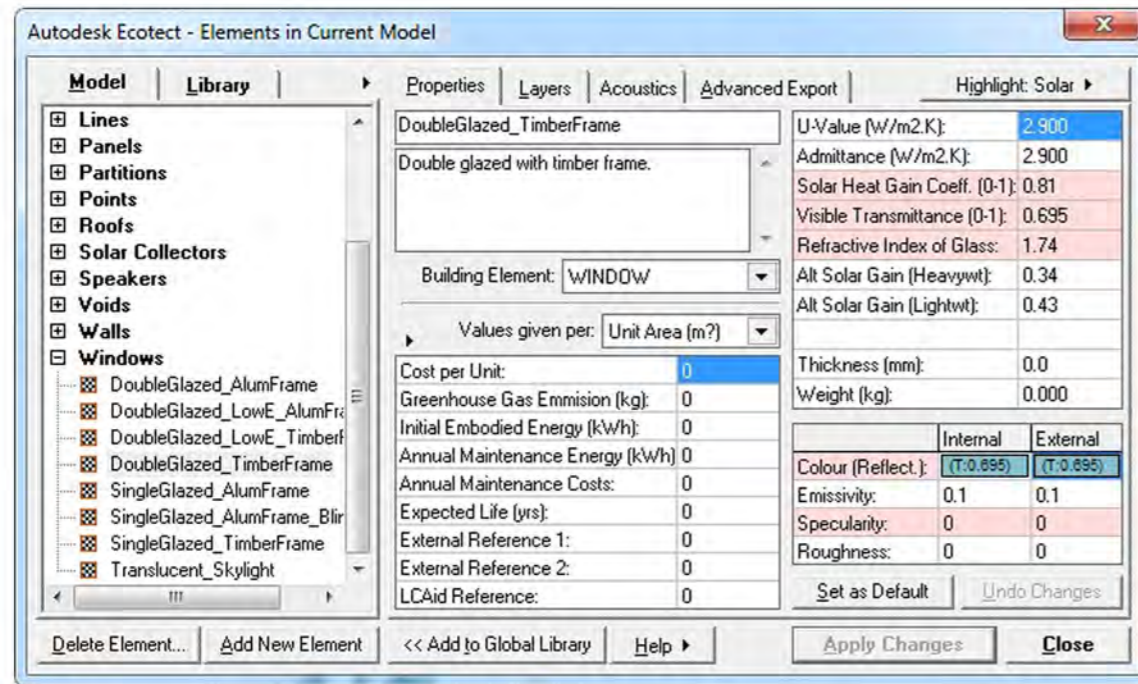


Рисунок 3.7  
Окно настройки материалов

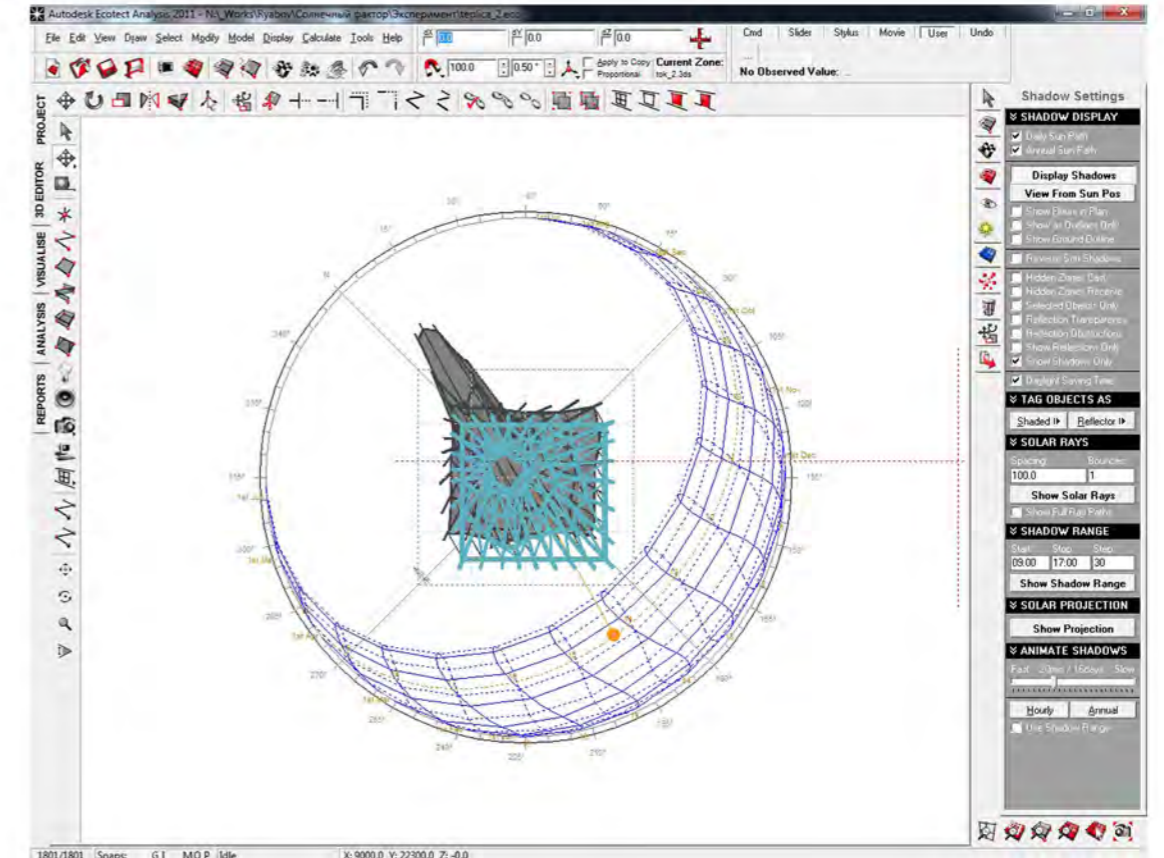


Рисунок 3.8 б Модель теплицы с визуализацией годового движения солнца

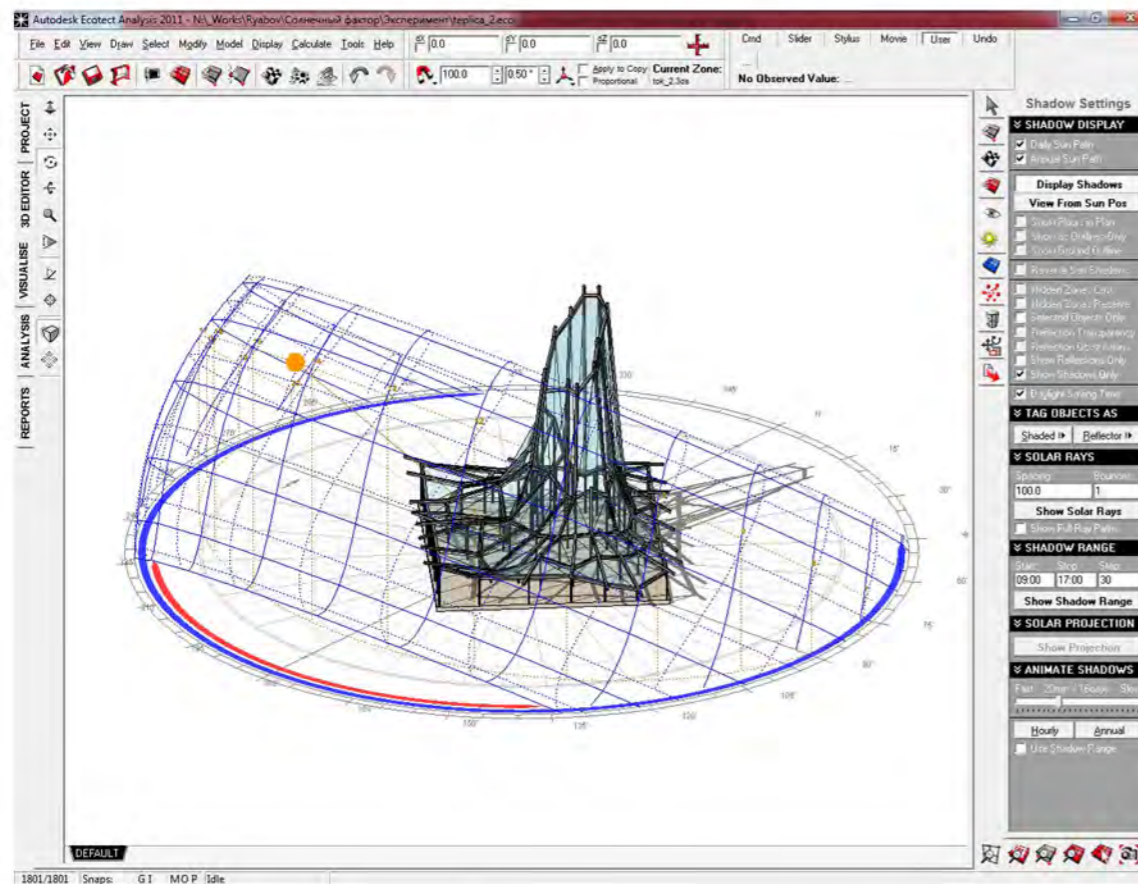


Рисунок 3.8 а  
Модель теплицы с визуализацией годового движения солнца

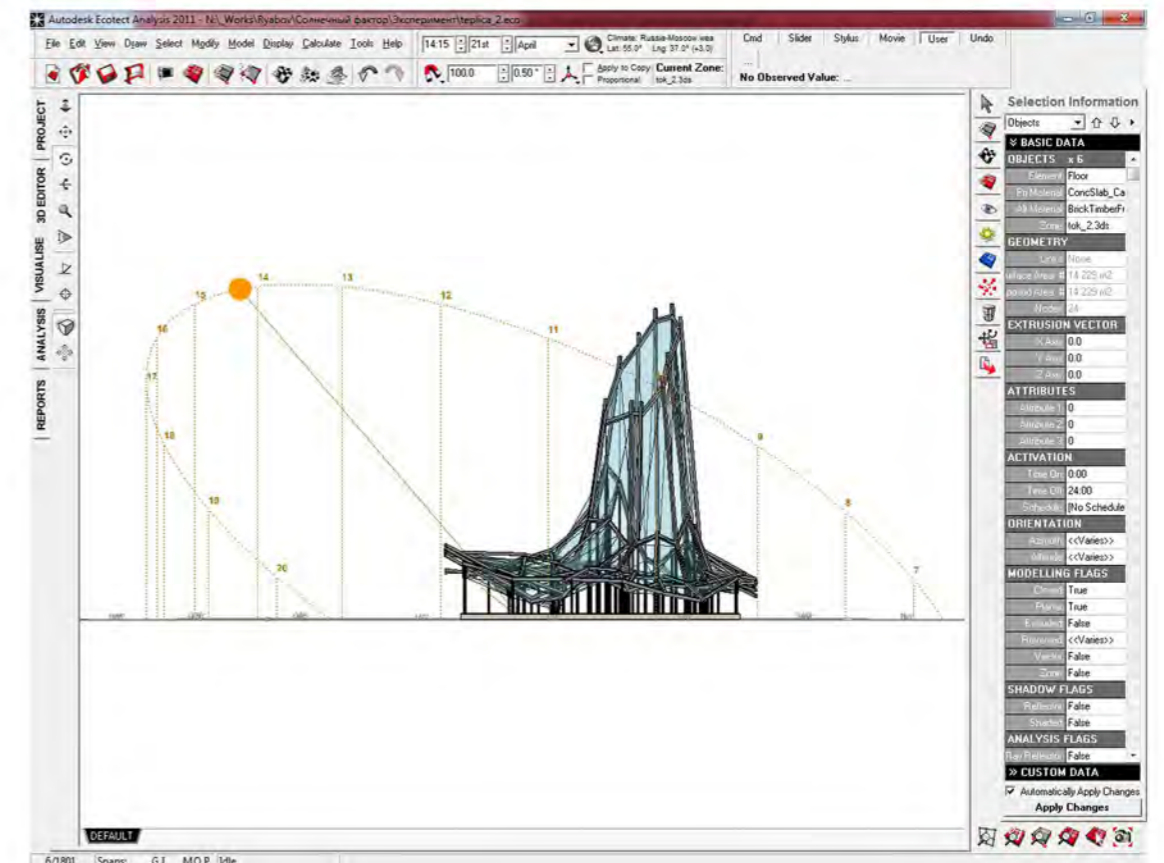
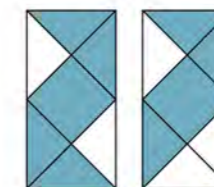
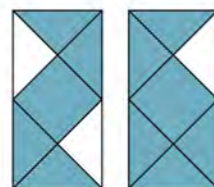


Рисунок 3.8 в Модель теплицы с визуализацией дневного движения солнца



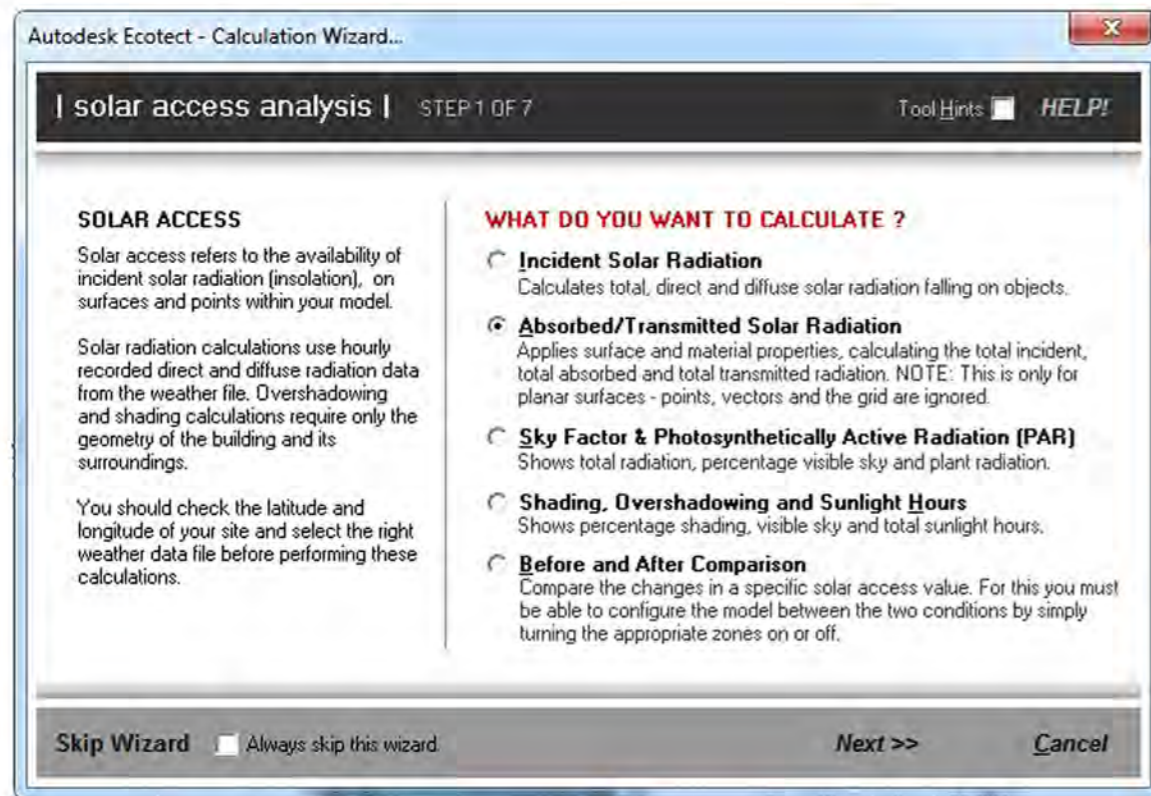


Рисунок 3.9 Анализ солнечной радиации. Шаг 1/7. Выбор типа излучения

окне нам требуется выбрать, какие аспекты солнечной радиации мы хотим получить в результатах анализа (рис. 3.9). Incident Solar Radiation – падающее солнечное излучение; рассчитывается общее, прямое и диффузное излучение, попадающее на объекты. Absorbed/Transmitted Solar Radiation – поглощенная / пропущенная солнечная радиация; оперируя поверхностями и свойствами материалов, вычисляется общее падающее, поглощенное и пропущенное излучение. Sky Factor & Photosynthetically Active Radiation (PAR) – коэффициент естественной освещенности и фотосинтетическая активная радиация; – показывается суммарное излучение, видимый процент небосвода и излучение; Shading, Overshadowing and Sunlight Hours – тень, затенение и количество солнечных часов; – показывается процентное затенение, видимая часть небосвода и общее количество солнечных часов. Before and After Comparison – сравнение до и после; сравнение изменений при определенных параметрах солнечного излучения. Рассчитаем сначала падающую

солнечную радиацию, выбрав первый пункт Incident Solar Radiation.

Вторым шагом требуется определить период времени для расчета: Current Date and Time (для текущего дня и времени), For Current Day (для установленного дня), For Specified Period (для заданного периода) (рис. 3.10). Выбираем For Specified Period, так как нас в первую очередь интересует суммарный показатель за круглогодичный сезон эксплуатации. Третьим шагом устанавливаем период, например с 1 января по 31 декабря круглосуточно (рис. 3.11). Четвертым шагом выбираем, какие относительные значения мы хотим получить в результате: Cumulative Values (совокупные значения), Average Daily Values (среднесуточные значения), Average Hourly Values (среднечасовые значения) или Peak Values (пиковые значения). Выберем совокупные значения Cumulative Values, так как этот показатель легче всего представить и оценить (рис. 3.12). Следующим шагом выбираем область нашего анализа – только выделенные объекты модели. Это позволит нам сэкономить время на просчете

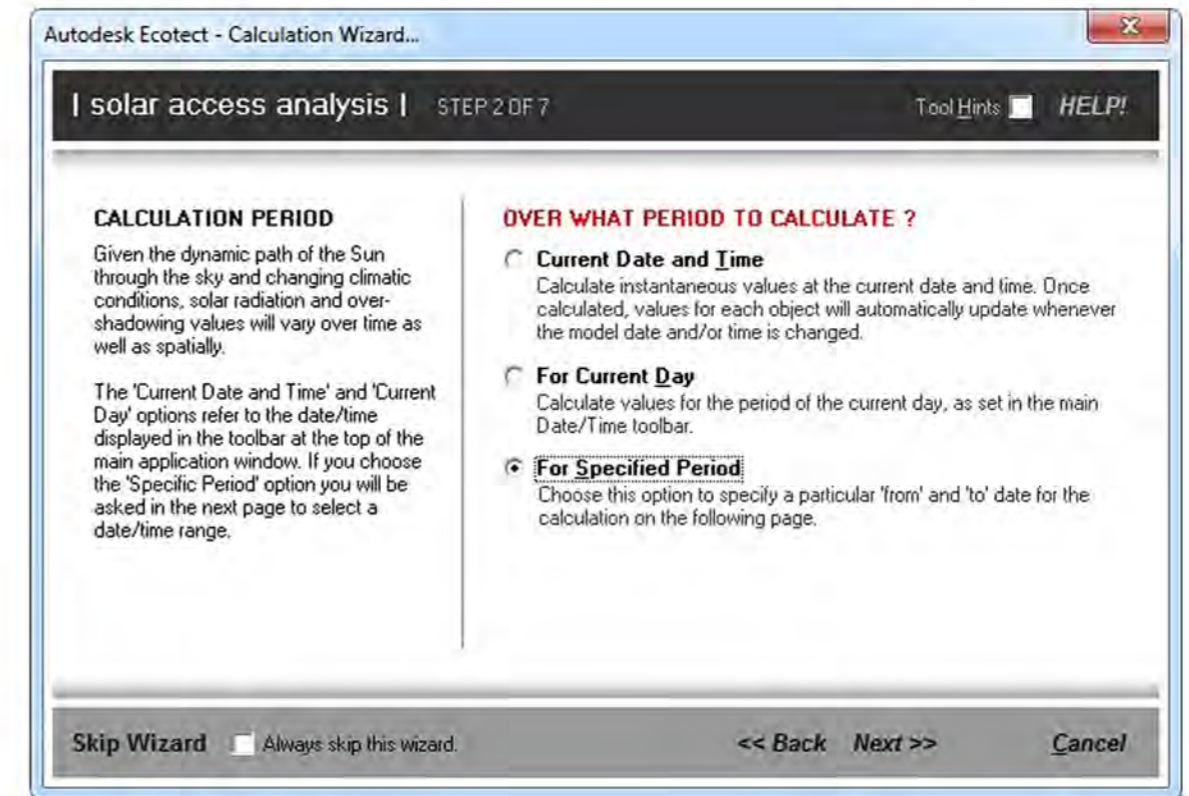
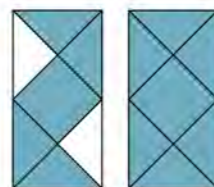


Рисунок 3.10 Анализ солнечной радиации. Шаг 2/7. Выбор отчетного периода

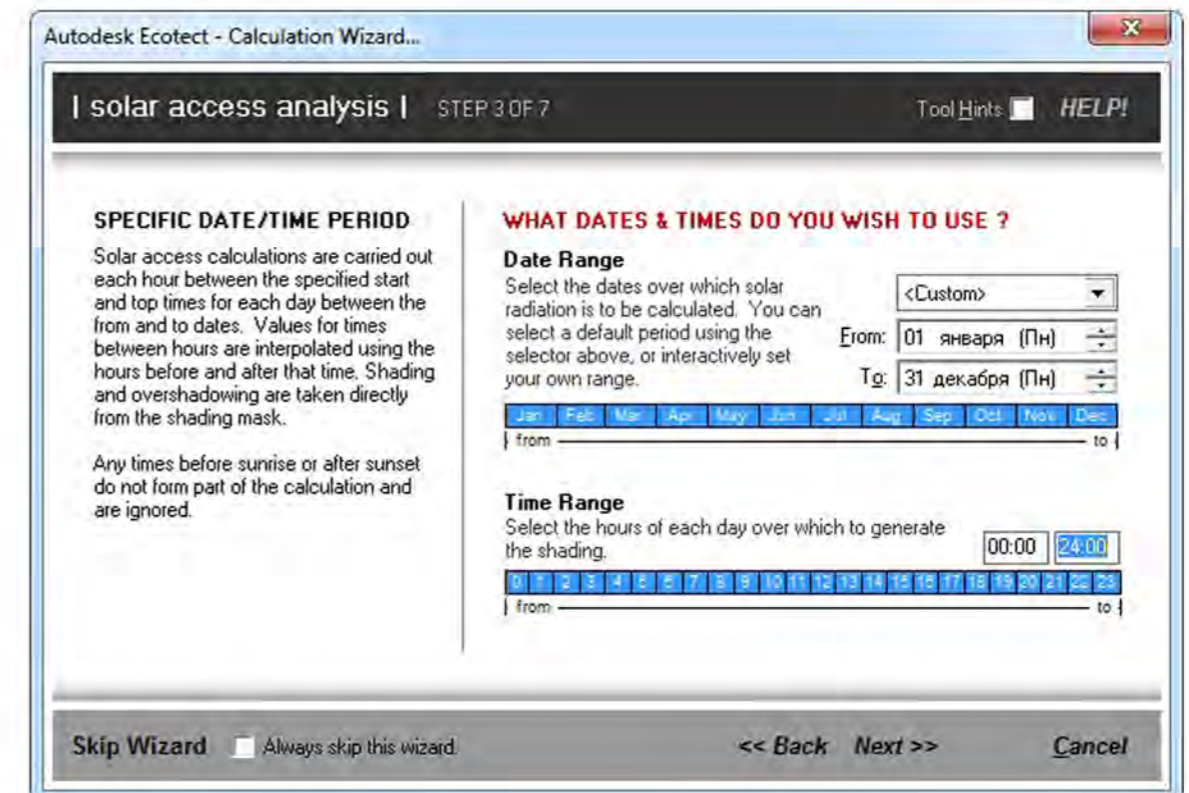
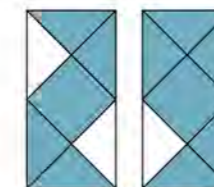


Рисунок 3.11 Анализ солнечной радиации. Шаг 3/7. Настройка отчетного периода





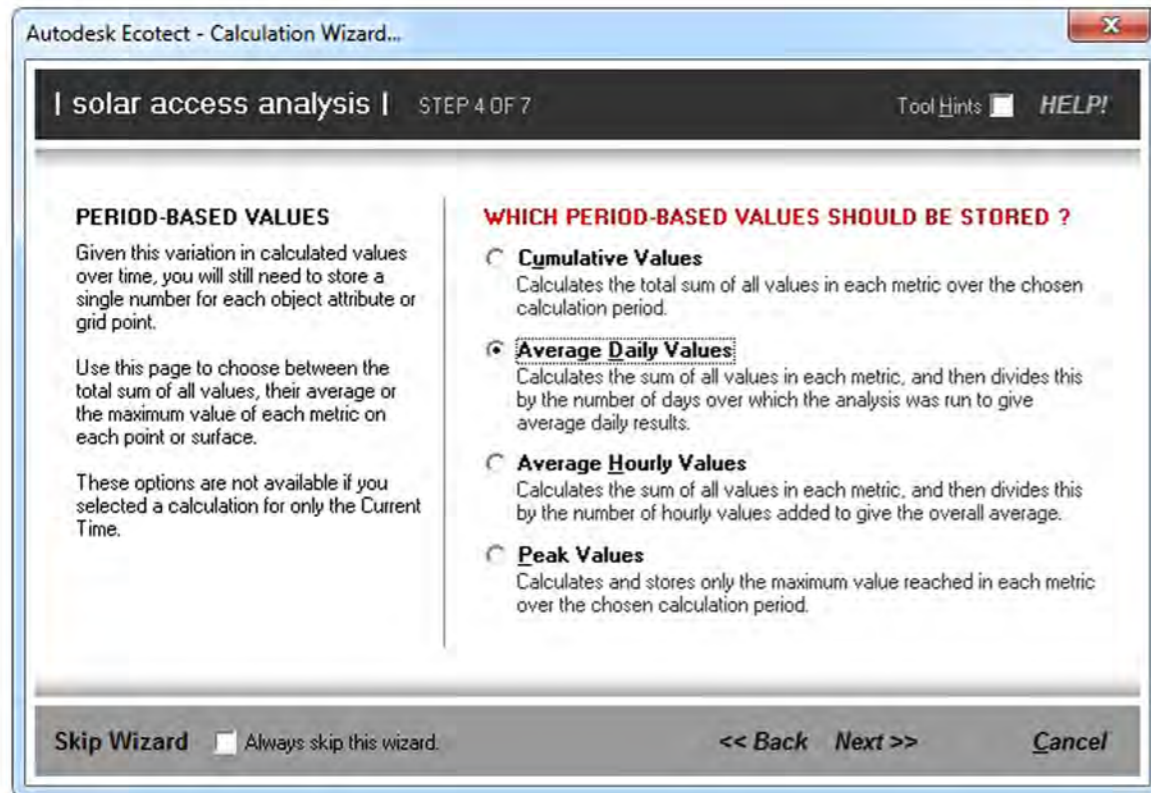


Рисунок 3.12 Анализ солнечной радиации. Шаг 4/7. Выбор типа параметров

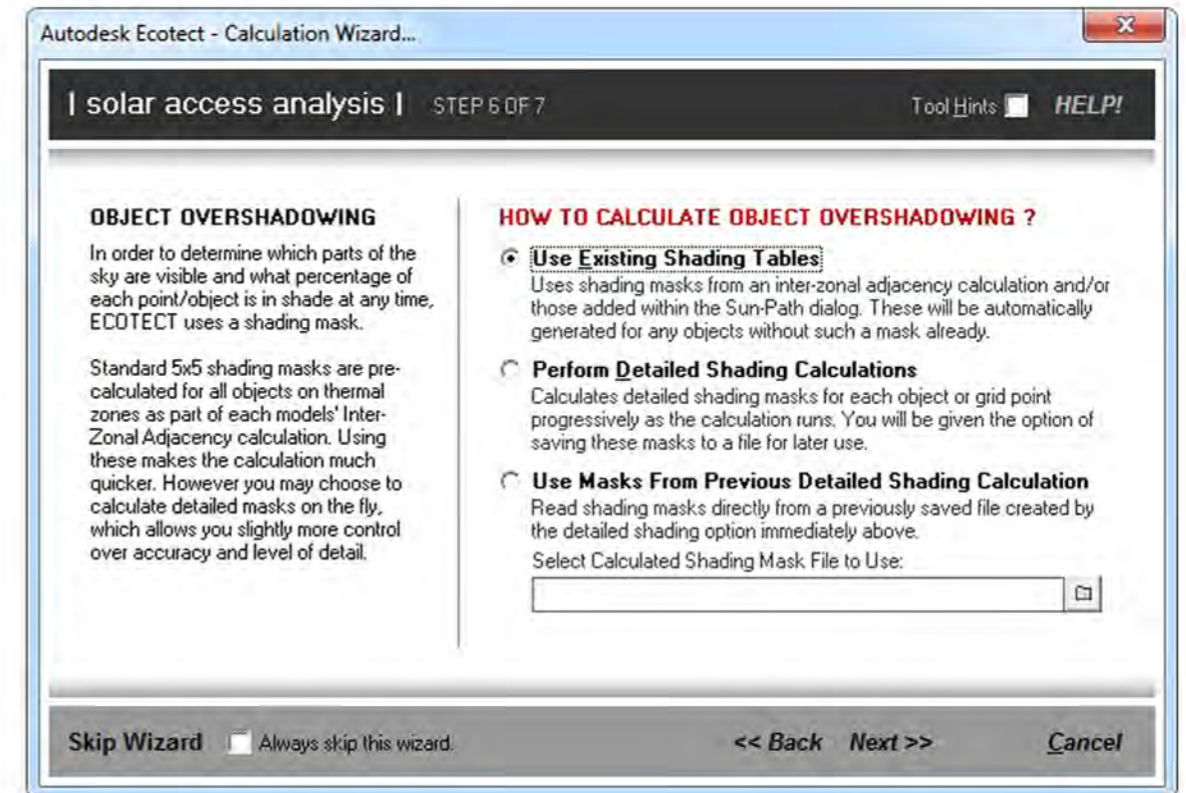


Рисунок 3.14 Анализ солнечной радиации. Шаг 6/7. Выбор объекта затенения

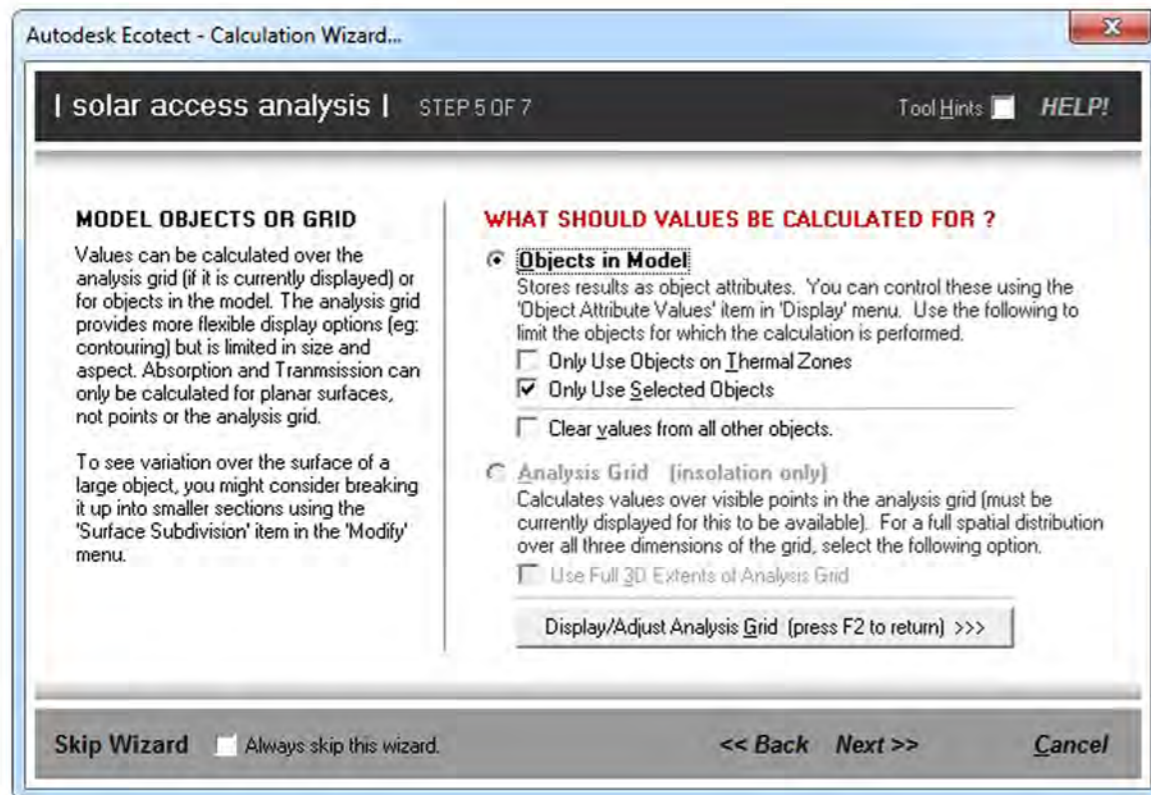


Рисунок 3.13 Анализ солнечной радиации. Шаг 5/7. Выбор области расчета

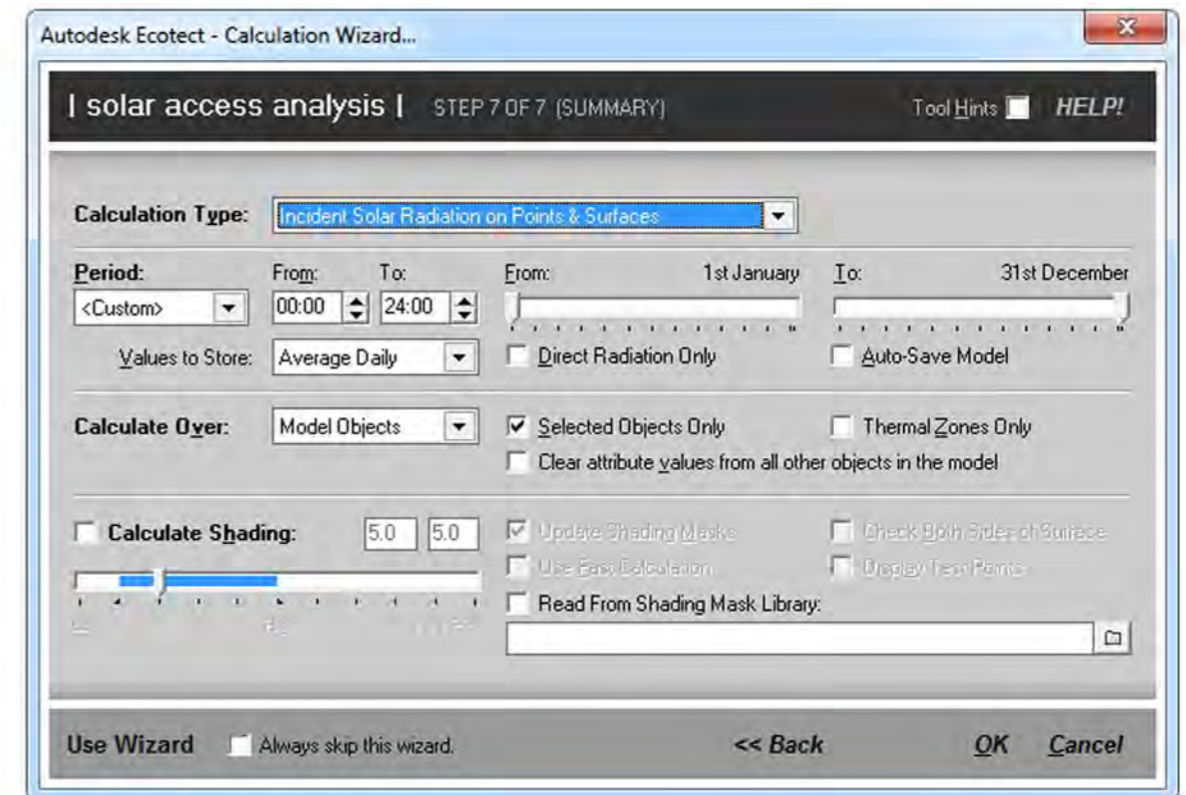
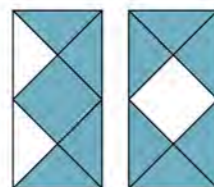
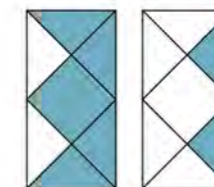


Рисунок 3.15 Анализ солнечной радиации. Шаг 7/7. Настройка общих параметров



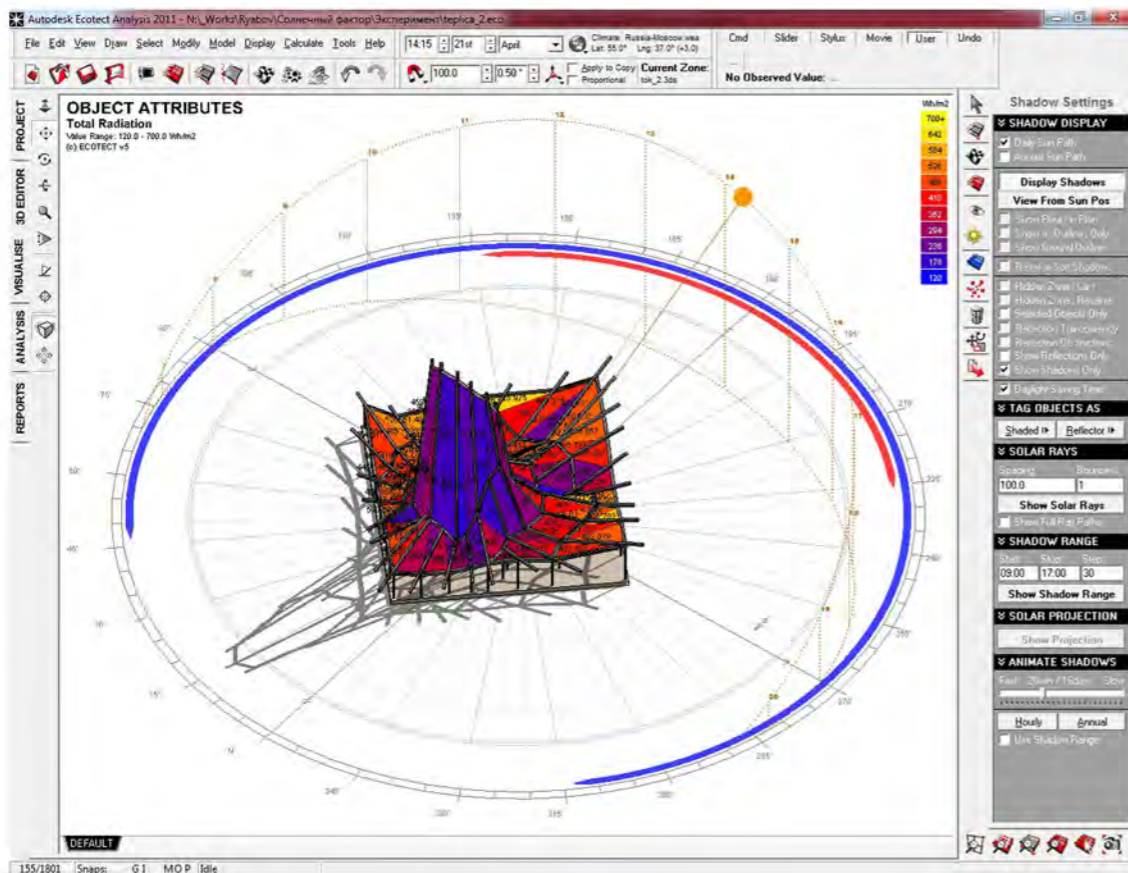
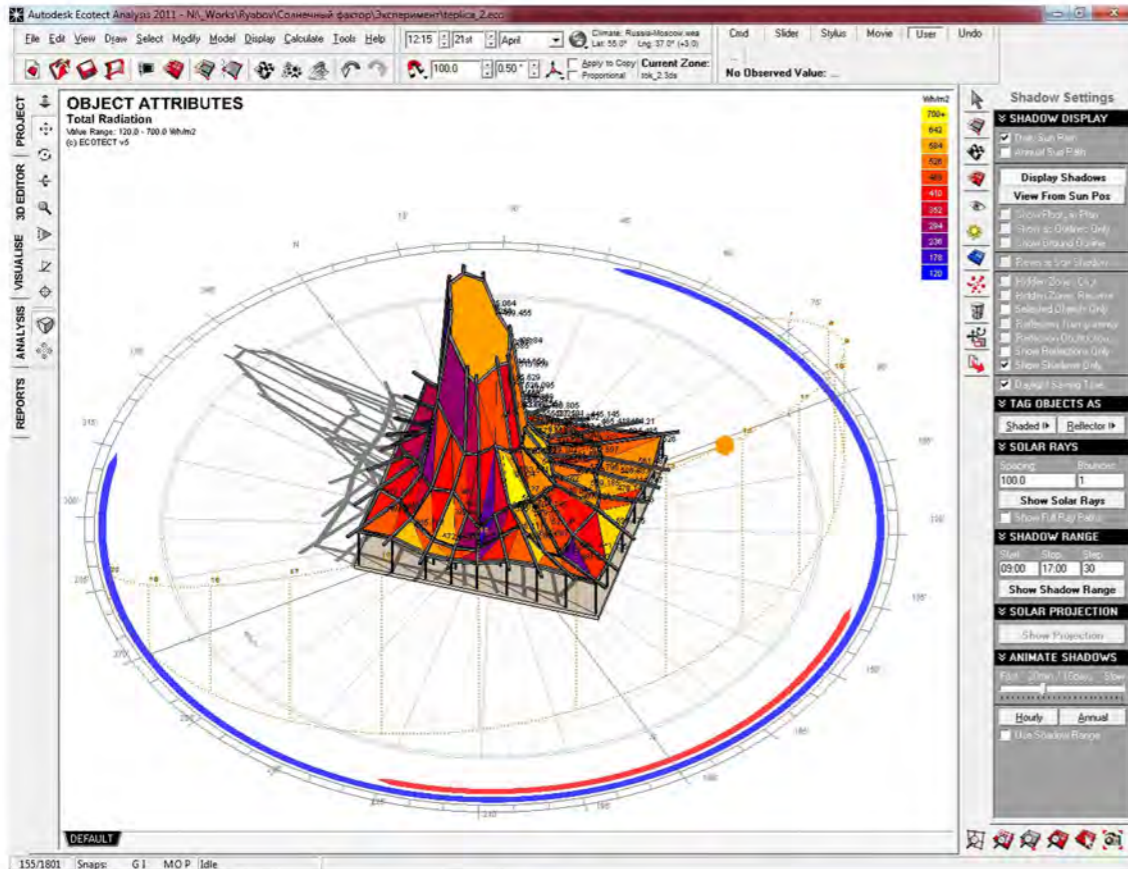
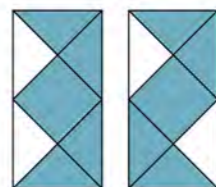


Рисунок 3.16 Суммарная годовая солнечная радиация (Wh/m<sup>2</sup>) для Москвы



элементов, не имеющих отношения к светопрозрачной оболочке теплицы (рис. 3.13). На шестом этапе предлагается определить алгоритм для вычисления затенения. Мы выбираем первый пункт Use Existing Shading Tables (использовать существующие таблицы затенения) (рис. 3.14). На последнем седьмом шаге от нас требуется еще раз проверить основные выбранные параметры, после чего можно запускать расчет, нажав кнопку ОК (рис. 3.15).

Расчет выполнен и в закладке VISUALISE мы можем посмотреть визуализацию результатов. В правом верхнем углу выведена шкала, показывающая числовые значения для аналитической раскраски (рис. 3.16). Мы видим, что на отдельных участках солнечная радиация может превышать 700 ватт/м<sup>2</sup> в год. Теперь сделаем несколько расчетов для сравнения, внося изменения в сценарий расчета. Рассчитаем среднесуточное излучение за годовой период, установив галочку Average Daily Values на четвертом шаге сценария. Как видно на рисунке 3.17 среднесуточные значения колеблются от 0,4 до 2 ватт/м<sup>2</sup>. Теперь сравним

излучение зимнего и летнего периода, установив соответствующие даты на третьем шаге сценария. На рисунке 3.18 видно, что суммарная радиация за зимний период едва достигает 40 ватт/м<sup>2</sup> на наиболее освещенных участках, весной диапазон составляет 30-300 ватт/м<sup>2</sup> (рис. 3.19), а летом 60-300 ватт/м, при значительно более высоких суммарных показателях облучения (рис. 3.20). Теперь рассчитаем и сравним поглощенную (рис. 3.21) и пропущенную (рис. 3.22) солнечную радиацию, установив в первом шаге сценария флажок Absorbed/Transmitted Solar Radiation (поглощенная / пропущенная солнечная радиация).

Также рассчитаем и сравним среднесуточное и суммарное количество солнечных часов на различных участках нашей поверхности. На рисунке 3.23 видно, что наиболее освещенные участки облучаются в среднем за сутки до 8 часов, в то время как есть участки, испытывающие явный дефицит в солнечной радиации. На рисунке 3.24 видно, что наиболее освещенные участки облучаются свыше 3000 часов за год.

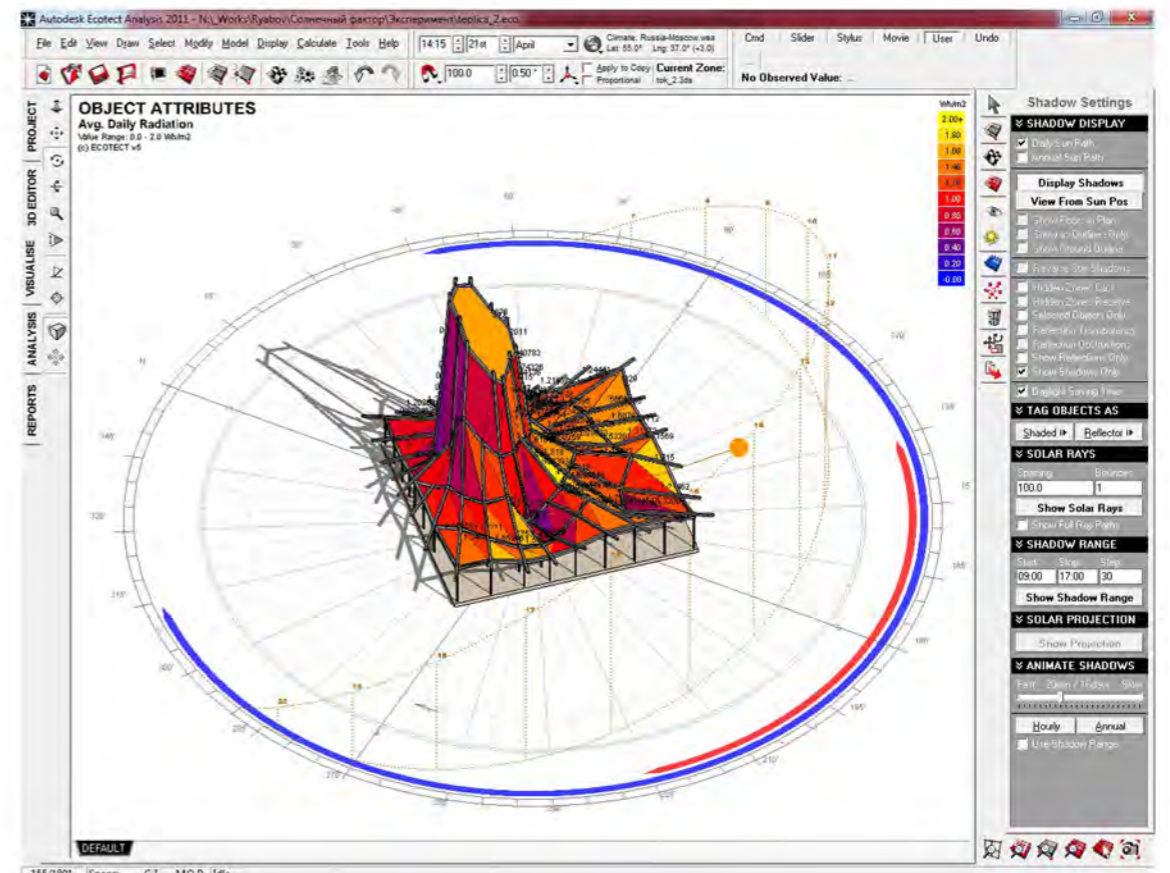
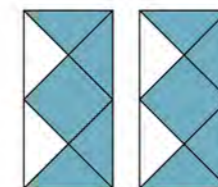
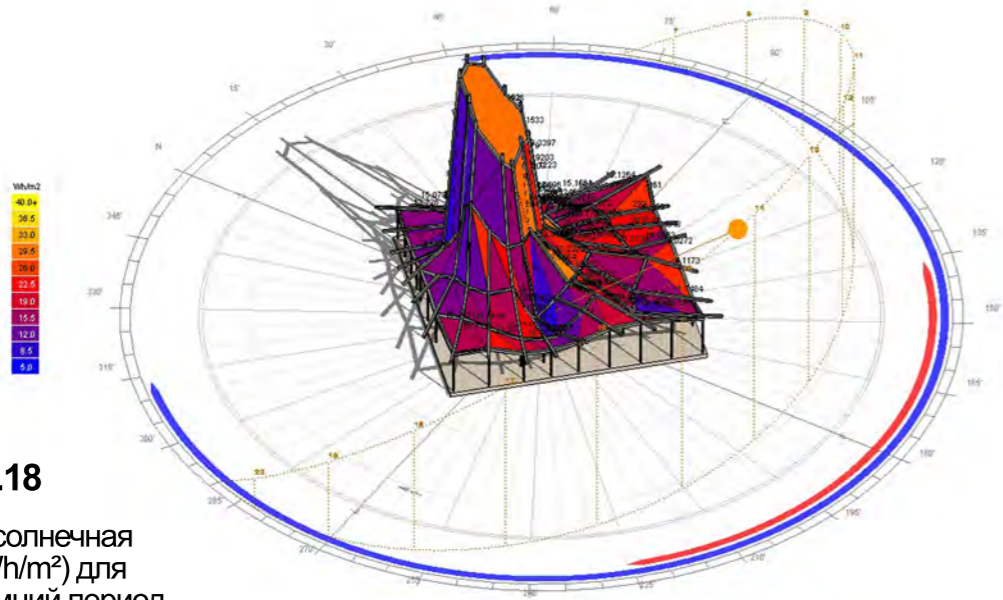


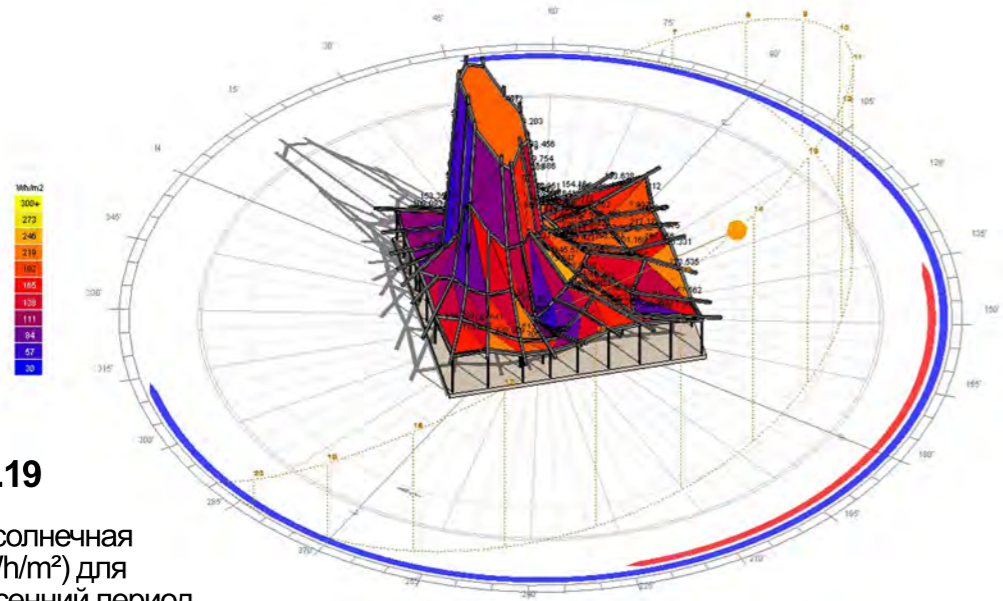
Рисунок 3.17 Среднесуточная солнечная радиация (Wh/m<sup>2</sup>) для Москвы





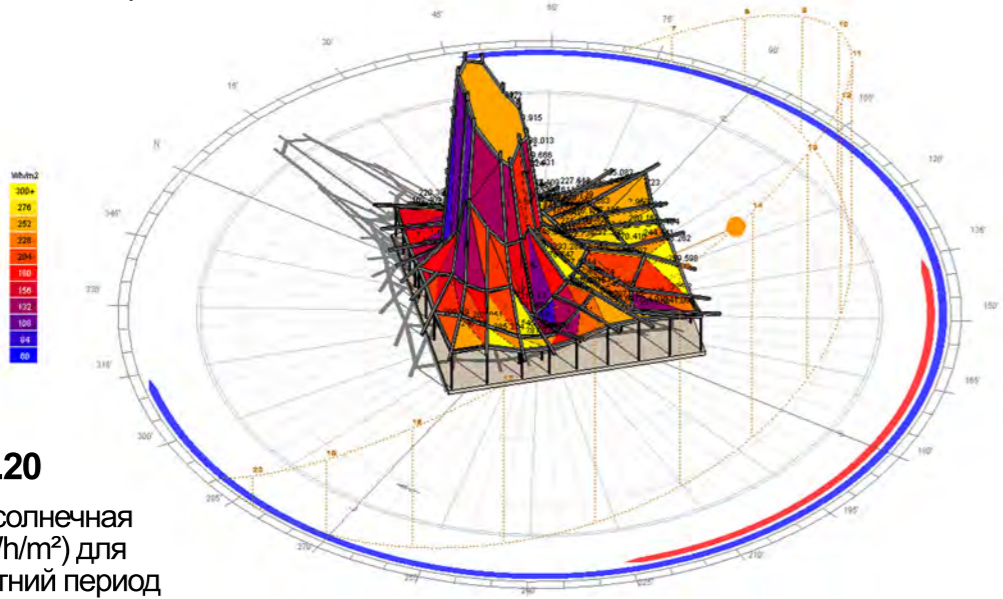
**Рисунок 3.18**

Суммарная солнечная радиация ( $Wh/m^2$ ) для Москвы в зимний период



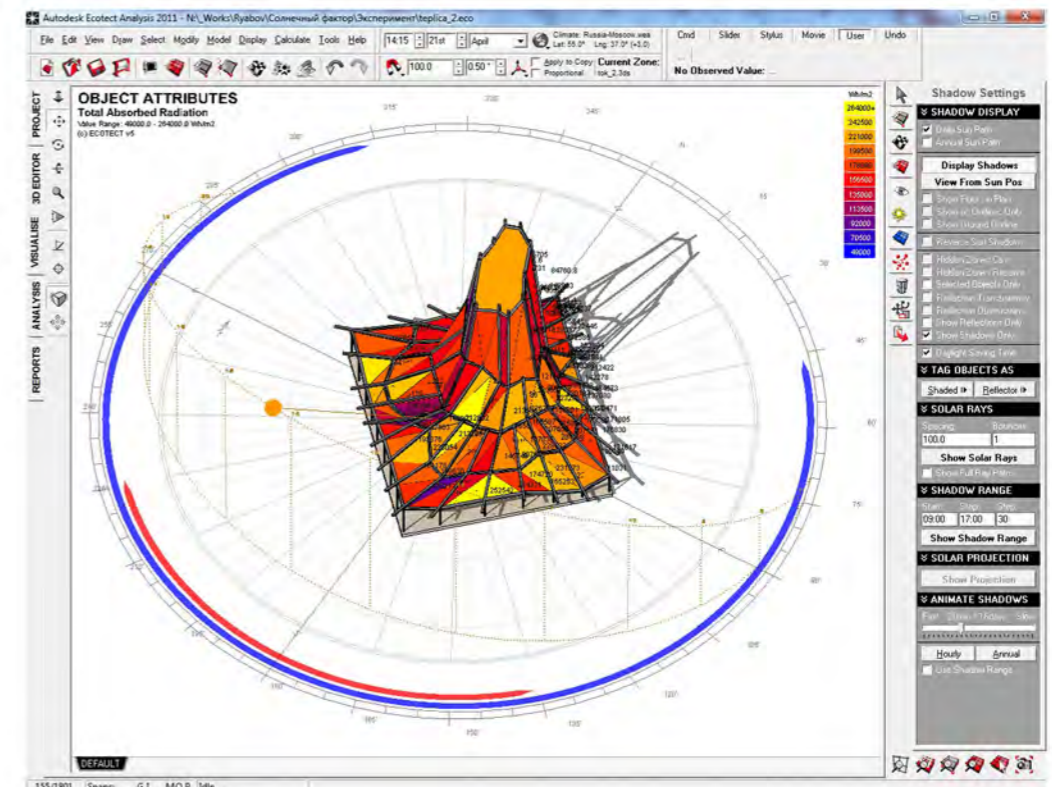
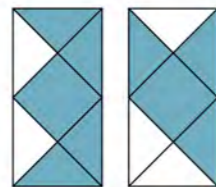
**Рисунок 3.19**

Суммарная солнечная радиация ( $Wh/m^2$ ) для Москвы в весенний период

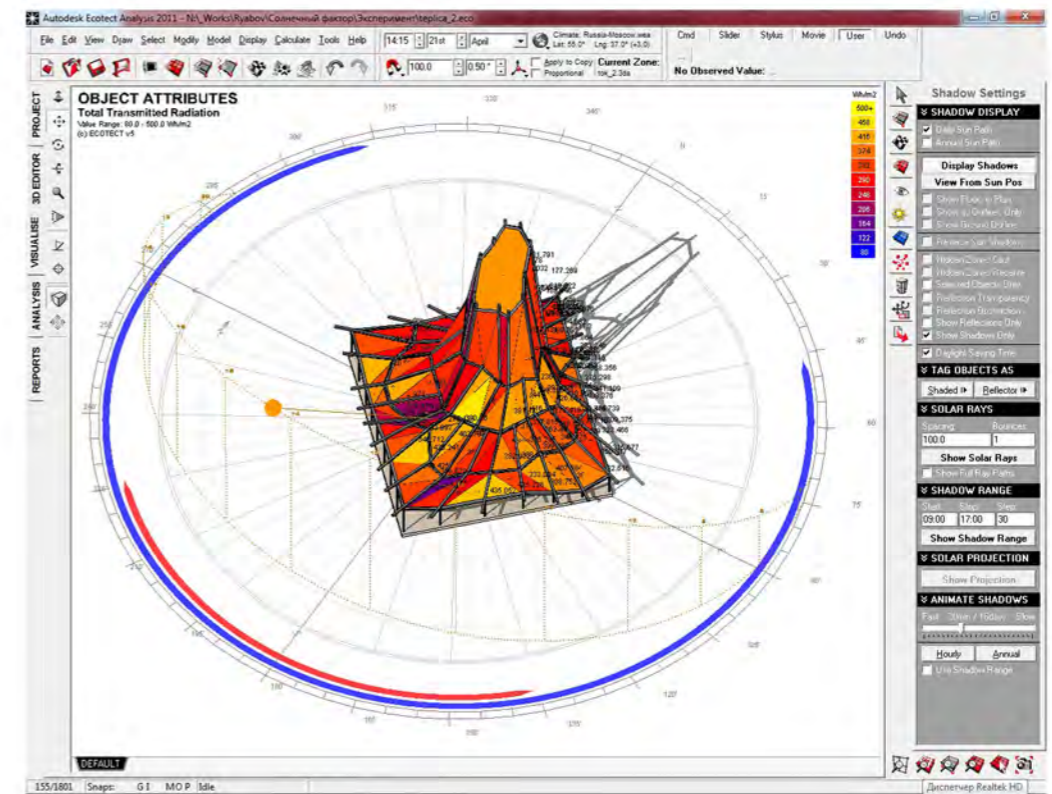


**Рисунок 3.20**

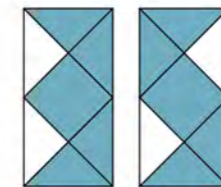
Суммарная солнечная радиация ( $Wh/m^2$ ) для Москвы в летний период

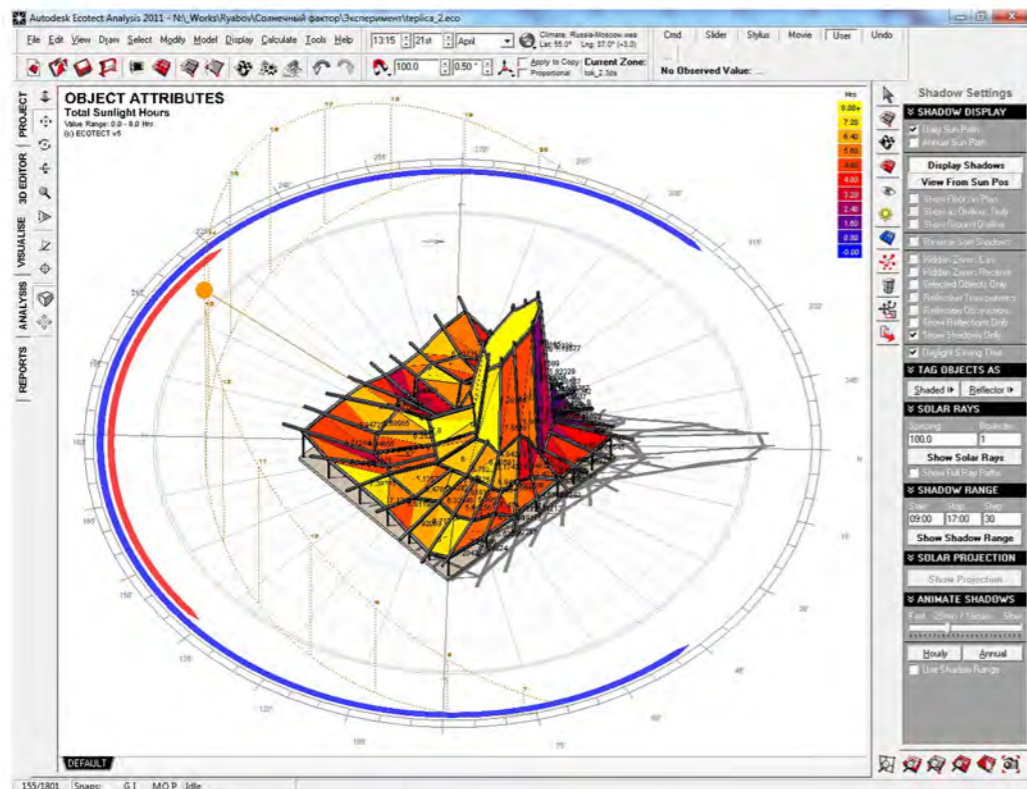


**Рисунок 3.21** Суммарная поглощенная солнечная радиация ( $Wh/m^2$ ) за год для Москвы

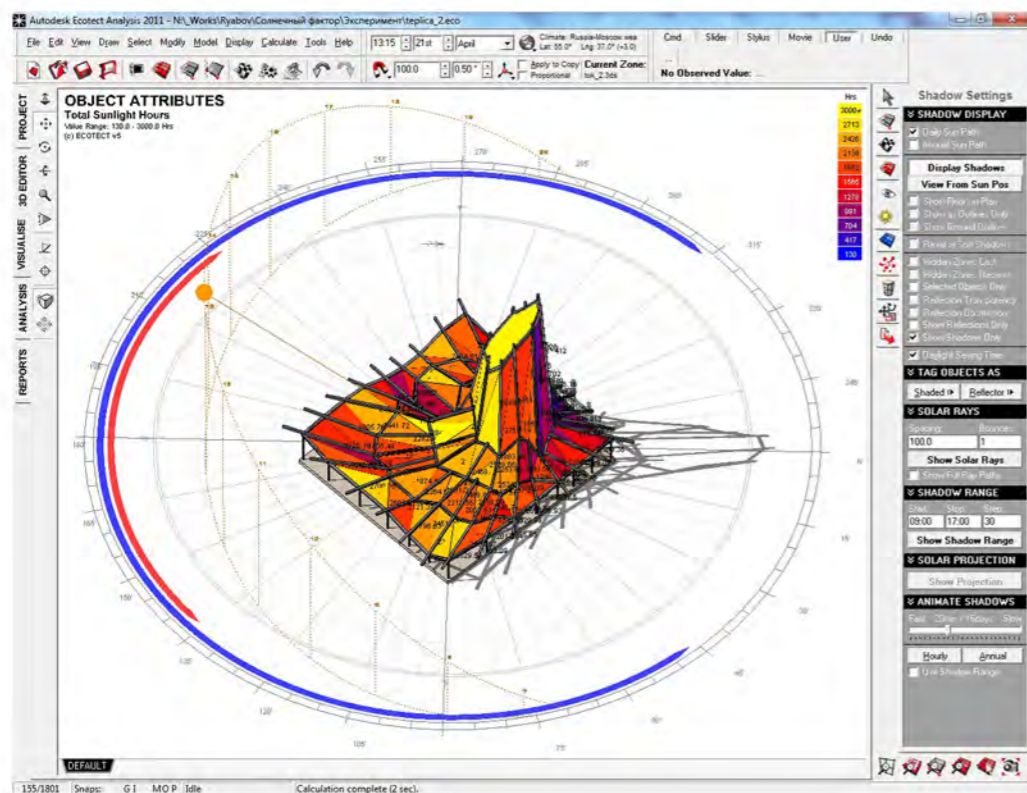
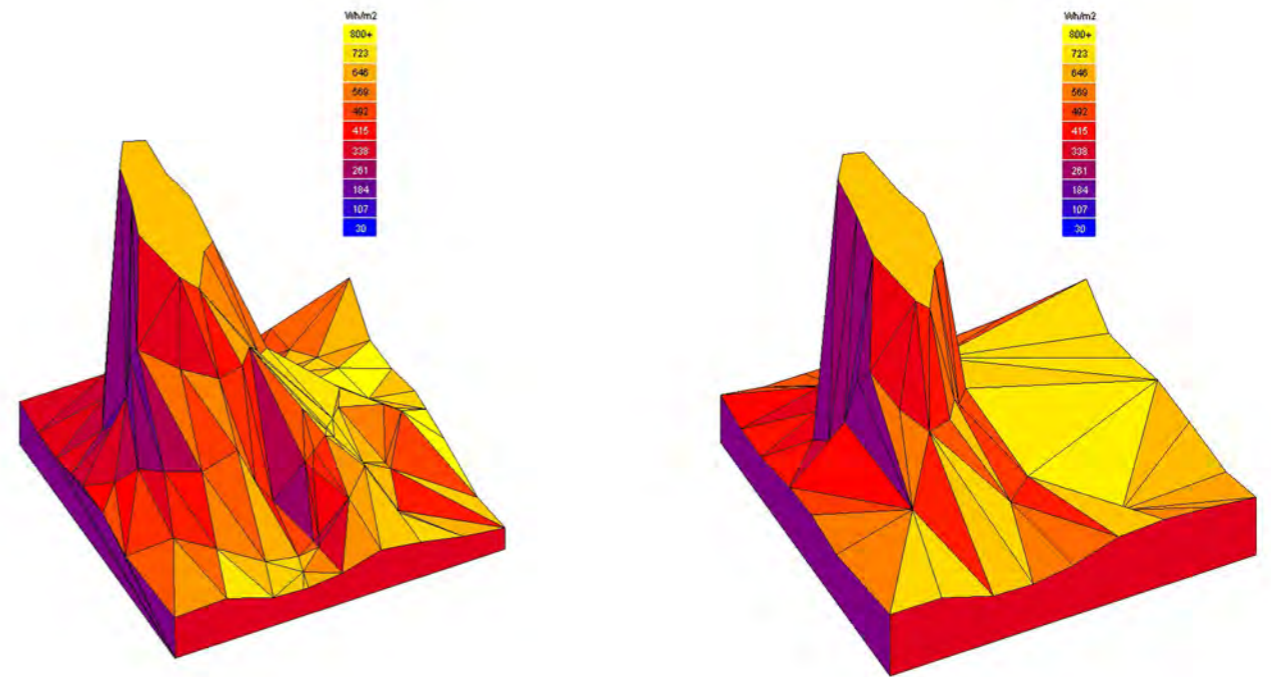


**Рисунок 3.22** Суммарная пропущенная солнечная радиация ( $Wh/m^2$ ) за год для Москвы

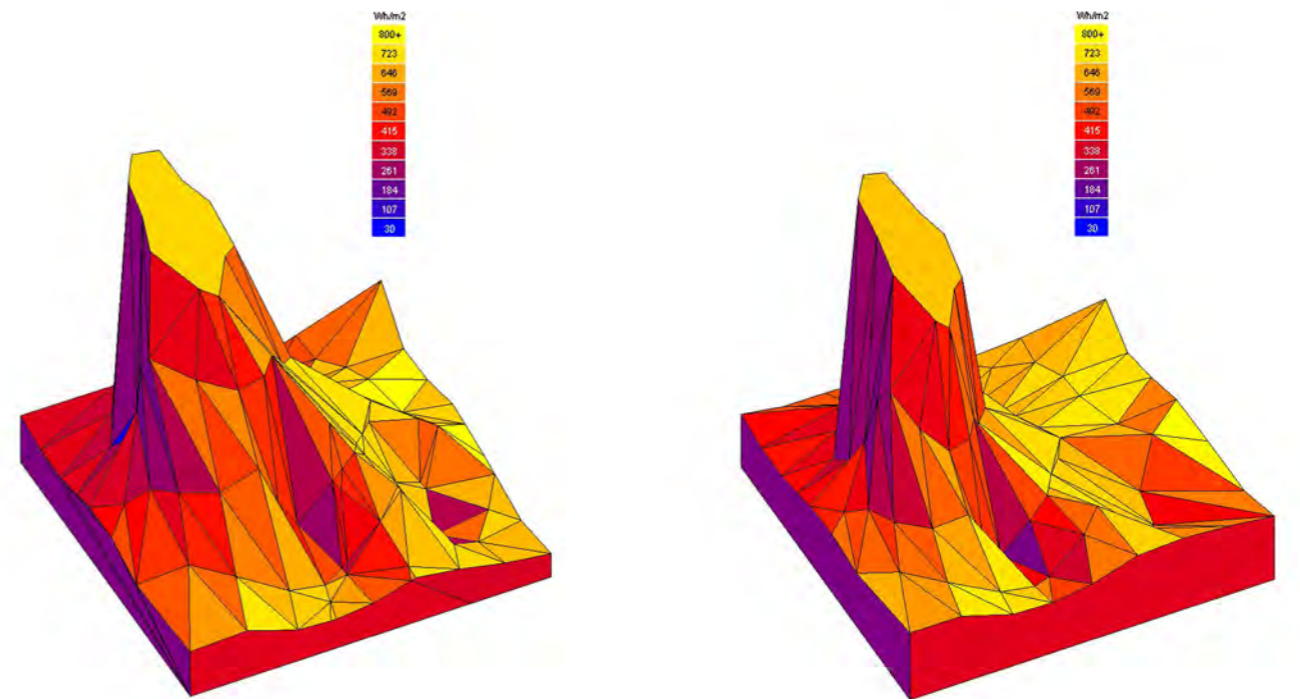




**Рисунок 3.23** Среднесуточное количество солнечных часов в течение года для Москвы

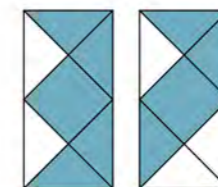
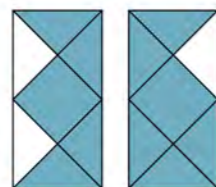


**Рисунок 3.24** Суммарное количество солнечных часов в течение года для Москвы



**Рисунок 3.25**

Оптимизация геометрической формы ограждающей оболочки теплицы с учетом распределения по ее поверхности солнечной радиации

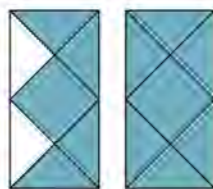


Следующим шагом, пользуясь полученными результатами, вы можете оценить геометрию ограждающей оболочки и выявить проблемные места. Затем попробуйте опытным путем оптимизировать вашу геометрию, сравнивая распределение солнечной радиации на различных вариантах поверхности теплицы, пока не добьётесь наиболее оптимального решения (рис. 3.25). Помните, что солнечный фактор не является исключительным формообразующим фактором вашего сооружения. Оптимизация геометрии поверхности теплицы не должна быть в ущерб для технологических процессов и не должна способствовать значительному усложнению конструктивных решений и появлению каких-либо эксплуатационных затруднений.

Как уже отмечалось во второй главе, для некоторых видов растений расположение в зоне наиболее освещенных участков теплицы может оказаться неблагоприятным. Конечно, если вы проектируете теплицу или оранжерею в северных районах, проблемы избыточного облучения не должно возникнуть, но южнее 50° с.ш. эта проблема может оказаться весьма серьезной. Хорошим решением в данной ситуации может оказаться использование солнечных коллекторов или фотоэлектрических батарей. Установив их на участки с избыточным освещением, вы, с одной стороны, гарантируете необходимое затенение в культивационном помещении, с другой стороны, вы расположите гелиоустановки в зоне с наибольшей солнечной радиацией, что будет способствовать их эффективной работе. При этом гелиоустановки могут состоять из отдельных шедовых элементов и монтироваться перед светопрозрачной оболочкой, обеспечивая лишь частичное затенение. Так, например, достаточно распространенным видом фотоэлектрических батарей, являются кремневые элементы, наклеенные на прозрачное фасадное остекление, образуя полупрозрачный солнцезащитный экран.

Мы в своем примере также установим плоские солнечные коллекторы на самой верхней плоскости нашей теплицы, так как этот участок подвергается избыточному облучению и при этом он расположен слишком высоко для

культивации растений, выполняя функцию навеса над вертикальными гидропонными установками. Теперь попробуем рассчитать уровень освещенности внутри нашей теплицы. Очевидно, что для обмена веществ разных растений требуется разный уровень освещенности; 1 000 – 3 000 лк – для растений, растущих в полутени (как правило, такие растения нуждаются в искусственном освещении только при размещении на значительном удалении от светопрозрачного ограждения); 3 000 – 5 000 лк – для растений, предпочитающих рассеянный свет (пяти тысяч люкс вполне достаточно для нормального развития большинства растений, и это наибольший уровень освещенности для жилых помещений, не вызывающий зрительного дискомфорта); более 5 000 лк – для растений, предпочитающих прямые солнечные лучи (при выращивании требовательных экзотов, особенно плодоносящих, потребуется создать уровень освещенности не менее 6-8 тысяч лк). Более подробно требуемый уровень освещенности для различных растений представлен в таблице 1. Средний уровень освещенности в пасмурные дни в Московской области составляет примерно 3500 лк. Это говорит о том, что многие растения, представленные в таблице 1, выращивать без искусственного досвечивания невозможно. В составлении сценария расчета зайдём в раздел Grid Settings правой контрольной панели. В подразделе 2d Slice Position зададим расположение секущей плоскости таким образом, чтобы она проходила через здание в наиболее информативном месте. Для этого требуется выбрать плоскость (XY, XZ или YZ) и расстояние от начала координат. Можно не выставлять секущую плоскость перед расчетом, и произвести трехмерный расчет, после чего выставить плоскость в любом интересующем месте. Сложность этого варианта заключается в том, что полный трехмерный расчет занимает большое количество времени. После того, как мы выставили секущую плоскость, задаем параметры расчетной сетки, нажав кнопку Auto Fit Grid to Objects... Выбираем тип Around и размер ячейки, соответствующий масштабу вашей модели (см. рисунок 3.26). После этого в главном меню выбираем пункт Calculate→Lighting Analysis. На первом



Растения	Рекомендуемая освещённость, лк
Агавовые (агава, бокарнея, кордилина, драцена)	2600-3000
Аизооновые (делосперма, литопс, конофитум, фаукария)	3000-3900
Акантовые (афеландра, кроссандра, фиттония, гипестес, пахистахис)	2600-3000
Амариллисовые (амариллис, кливия, гемантус, гиппеаструм)	4000-6000
Аралиевые (дизиготека, фатсхедера, фатсия, плющ, полисциас)	2500-2700
Ароидные (аглаонема, алоказия, диффенбахия, монстера, филодендрон, спатифиллум)	2500-2700
Банановые (банан, геликония, стрелиция)	4000-6000
Бегонии	3000-3900
Бигониевые (камписис, жаккаранда, пандорея, текома)	4000-6000
Бобовые (акация, альбиция, кассия, рактитник, мимоза)	4000-6000
Бромелиевые (ананас, бильбергия, гузмания, криптантус, эхмея)	2600-3000
Вербеновые (кариоптерис, дуранта, клеродендрум, лантана)	3000-3900
Вересковые (азалия, вереск, пернеттия)	4000-6000
Виноградовые (ампелопсис, циссус, тетрастигма)	2500-2700
Геснериевые (гипоцирта, эписция, стрептокарпус, сенполия)	2600-3000
Гранатовые (гранат)	4000-6000
Губоцветные (колеус, плектрантус)	2500-2700
Кактусы (за исключением эпифитных)	6000-7800
Камнеломковые (камнеломка, толмия, корокия)	3000-3900
Коммелиновые (дихоризандра, каллизия, традесканция, рео)	2500-2700
Кутровые (адениум, алламандра, катарантус, олеандр, пахиподиум)	6000-7800
Ластовневые (хойя, церегея, стапелия, дисхидия)	4000-6000
Мальвовые (абutilон, анисодонтея, гибискус, павония)	3000-3900
Марантовые (калатея, маранта, строманта)	2500-2700
Мареновые (гардения, иксора, пентас, копросма, серисса)	3000-3900
Маслинные (маслина, жасмин, османтус)	6000-7800
Меластомовые (центрадения, мединилла, бертолония)	3000-3900
Миртовые (мирт, метросидерос, каллистемон, звкалипт, лептоспермум)	6000-7800
Молочайные (акалифа, кодиеум, молочай, ятрофа)	2600-3000
Норичниковые (кальцеолярия, хебе, родохитон)	3000-3900
Ночецветные (бугенвиллея)	6000-7800
Орхидные	4000-6000
Пальмовые (хамедорея, кариота, ховея, ливистона, финик)	3000-3900
Папоротники	2500-2700
Паслёновые (броваллия, брунфельсия, дурман, паслён)	3000-3900
Пеларгониевые (пеларгония)	4000-6000
Перечные (пеперомия, перец)	3000-3900
Розовые (роза)	6000-7800
Рутовые (хоизия, цитрусы, скиммия, муррайя)	6000-7800
Саговниковые (цикас, замия)	3000-3900
Сложноцветные (гербера, хризантема, микания)	4000-6000
Стеркулиевые (брахихитон, фремонтодендрон)	4000-6000
Страстоцветные (пассифлора)	6000-7800
Толстянковые (зониум, каланхоэ, пахифитум)	4000-6000
Тутовые (фикус, инжир, дорстения)	2600-3000
Чайные (камелия, клейра)	3000-3900
Эпифитные кактусы (эпифиллум, шлюмбергера, хатиора, рипсалис)	3000-3900

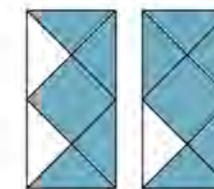


Таблица 1

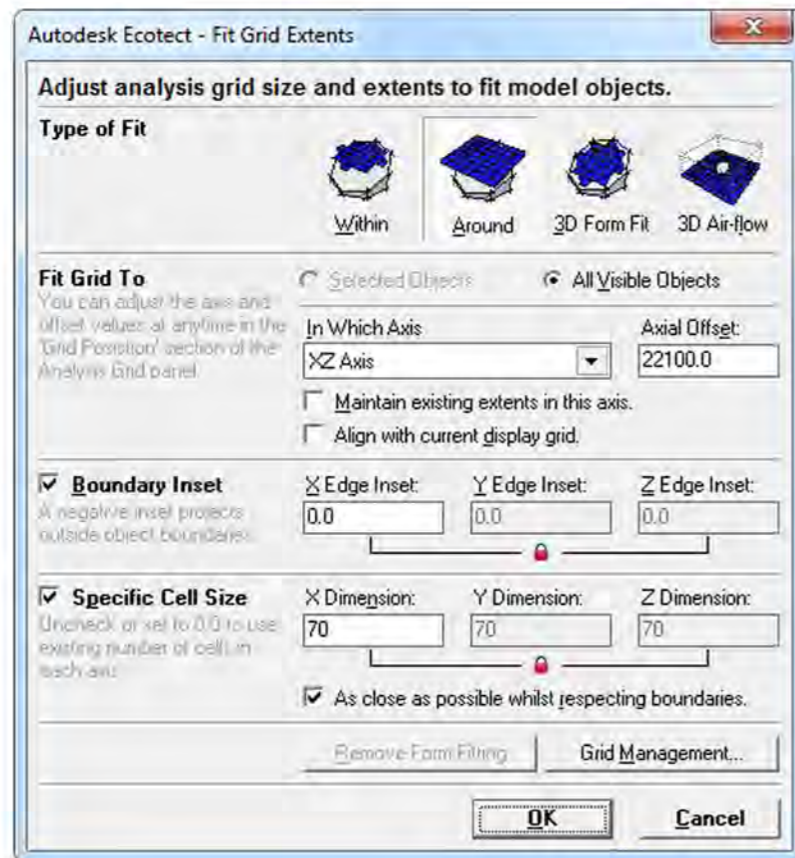


Рисунок 3.26 Окно настройки аналитической сетки

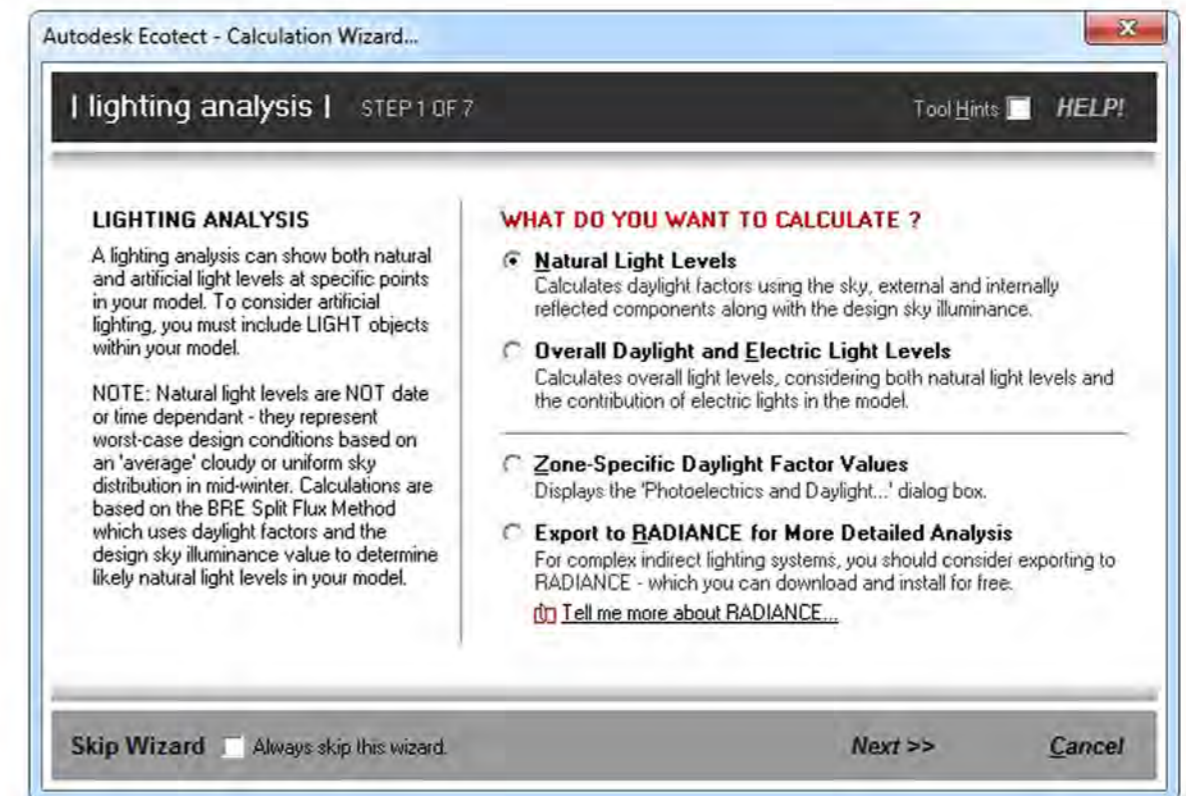


Рисунок 3.27 Анализ освещенности. Шаг 1/7. Выбор типа освещения

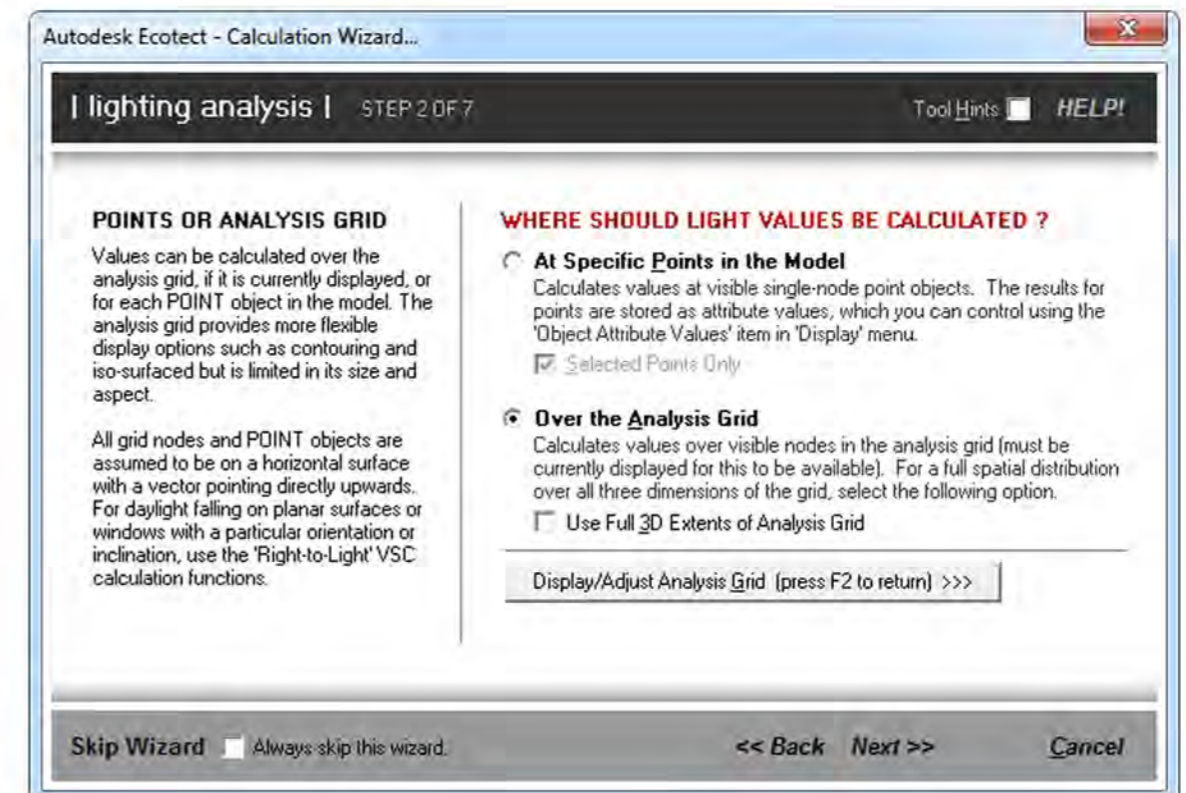
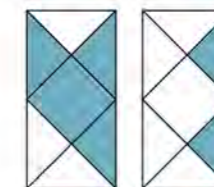
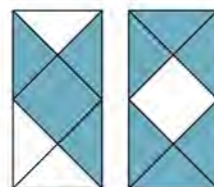


Рисунок 3.28 Анализ освещенности. Шаг 2/7. Выбор опорных точек для расчета

всплывающем окне выбираем Natural Light Levels, так как нас интересует именно естественное освещение (рис. 3.27). Следующим шагом выбираем Over Analysis Grid, так как расчет будет производиться по настроенной нами ранее расчетной сетке (рис. 3.28). Далее выбираем степень детализации расчета. Уровень High вполне достаточен для учебных целей (рис. 3.29). Затем требуется определить средний уровень освещенности. Для Москвы программа автоматически определит 3500 лк, что действительно соответствует пасмурному дню в данном регионе (рис. 3.30). Дальше требуется установить расчетную замутненность светопрозрачной оболочки, помимо коэффициента светопропускания, установленного в настройках материала. Можете поставить коэффициент 0,9, что вполне будет соответствовать степени запыленности стекол, или других факторов способствующих

снижению их светопропускной способности таких, как, например, конденсация влаги на поверхности или дождевые потоки (рис. 3.31). На шестом шаге мы выбираем вариант расчета Increased Accuracy Mode, так как методика BRE Estimating Daylight in Building не пользуется популярностью в отечественном опыте. На последнем седьмом шаге от нас требуется еще раз проверить основные выбранные параметры, после чего можно запускать расчет, нажав кнопку ОК (рис. 3.32). В результате мы получаем визуализацию освещенность в зоне секущей плоскости. Мы видим, что основное затенение создает солнечный коллектор – под ним освещенность падает ниже 300 лк (рис. 3.33). В основном объеме теплице освещенность составляет 2450-2800 лк. Таблица 1 позволяет определить какие виды растений возможно выращивать в теплице без электрического досвечивания.



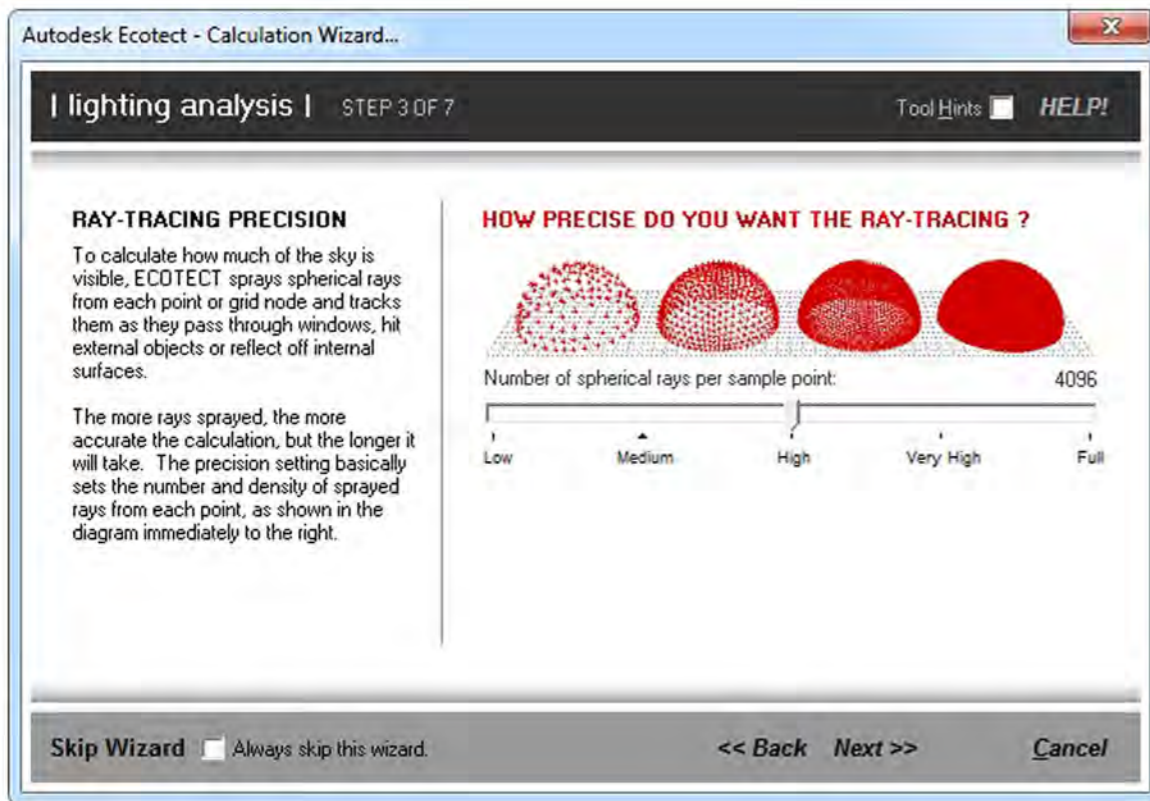


Рисунок 3.29 Анализ освещенности. Шаг 3/7. Определение степени точности расчета

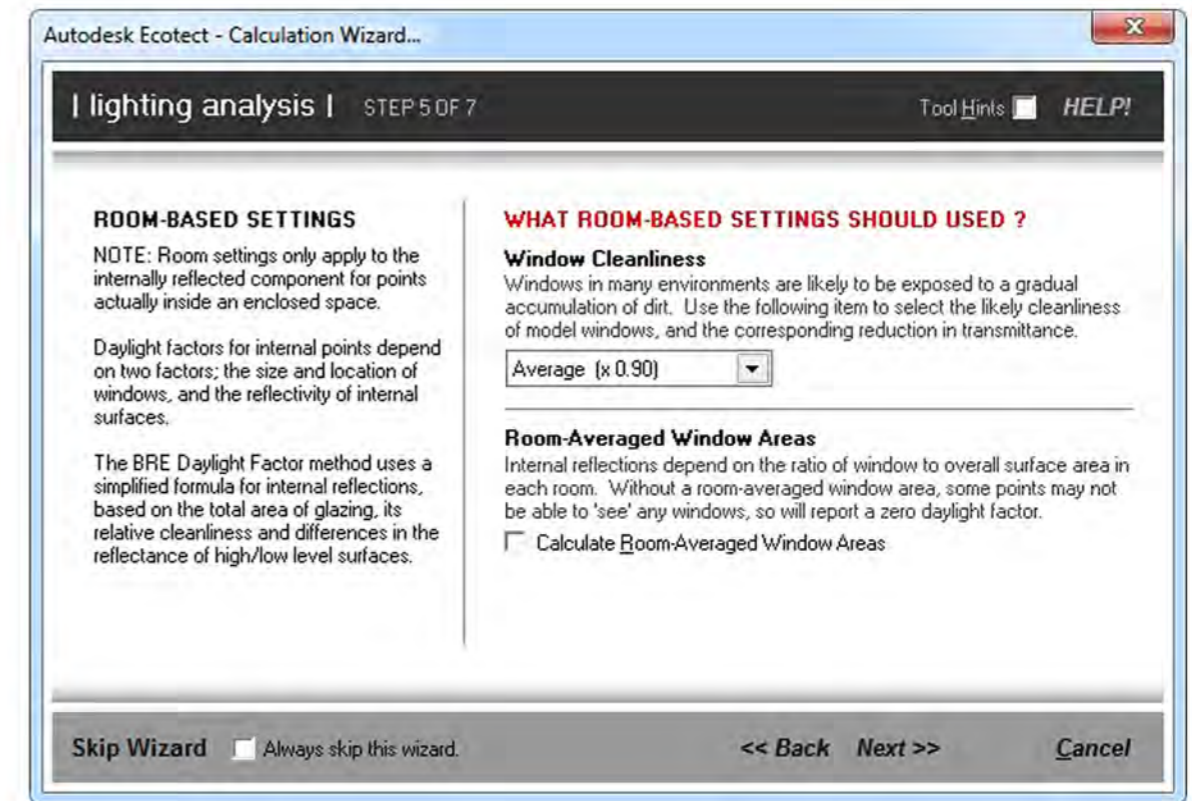


Рисунок 3.31 Анализ освещенности. Шаг 5/7. Определение коэффициента загрязнения стекла

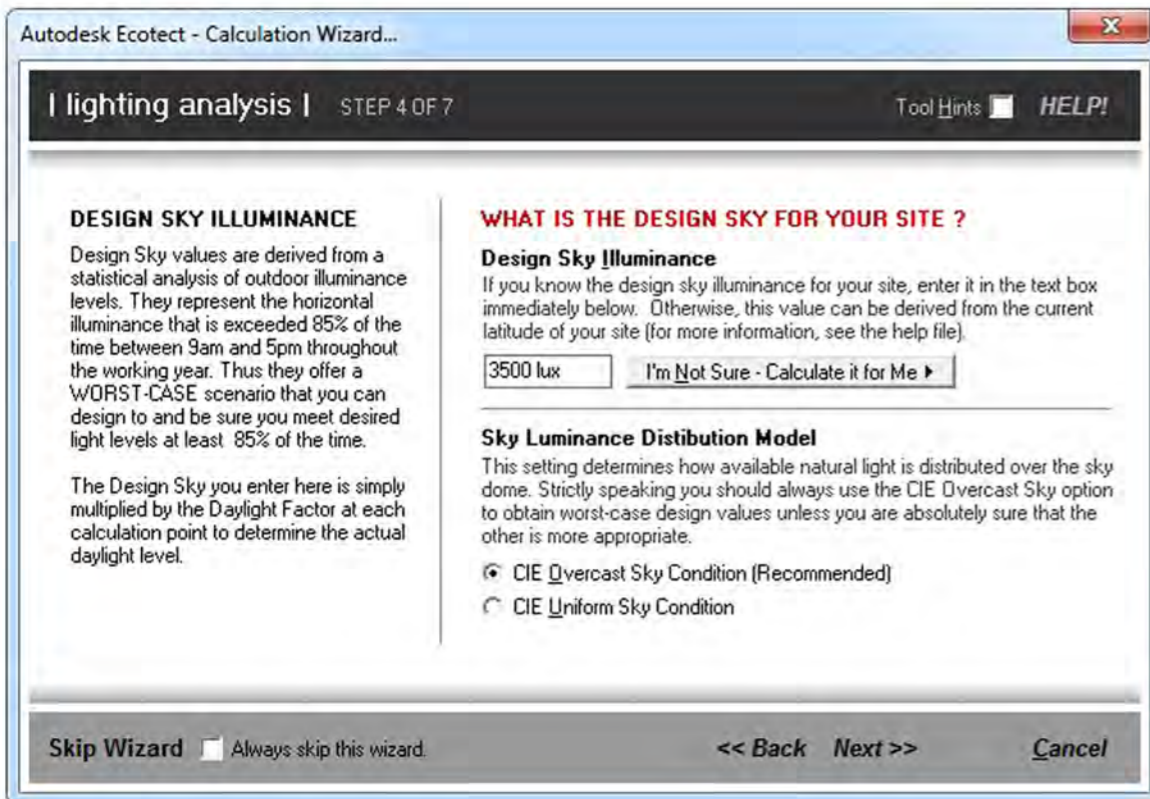


Рисунок 3.30 Анализ освещенности. Шаг 4/7. Установка уровня освещенности неба

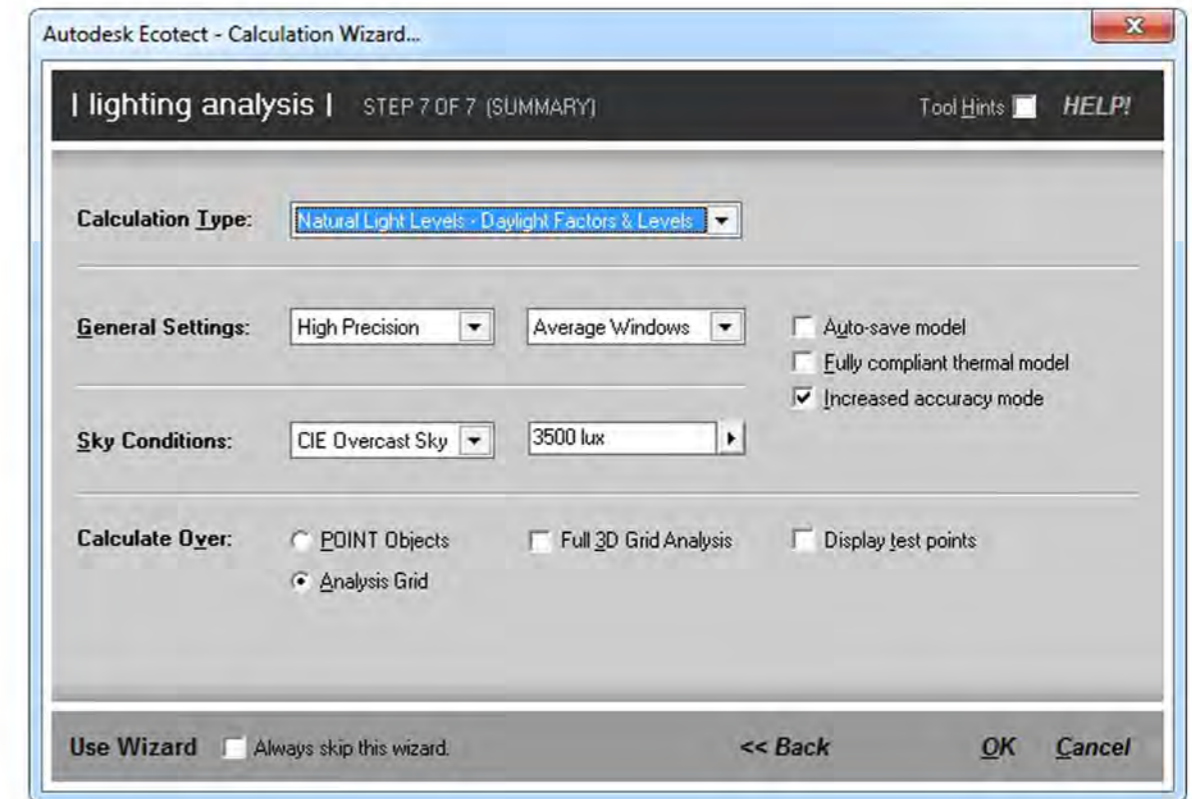
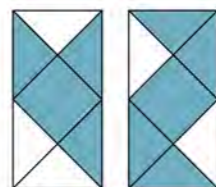
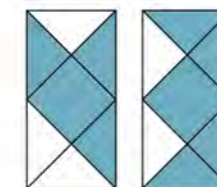
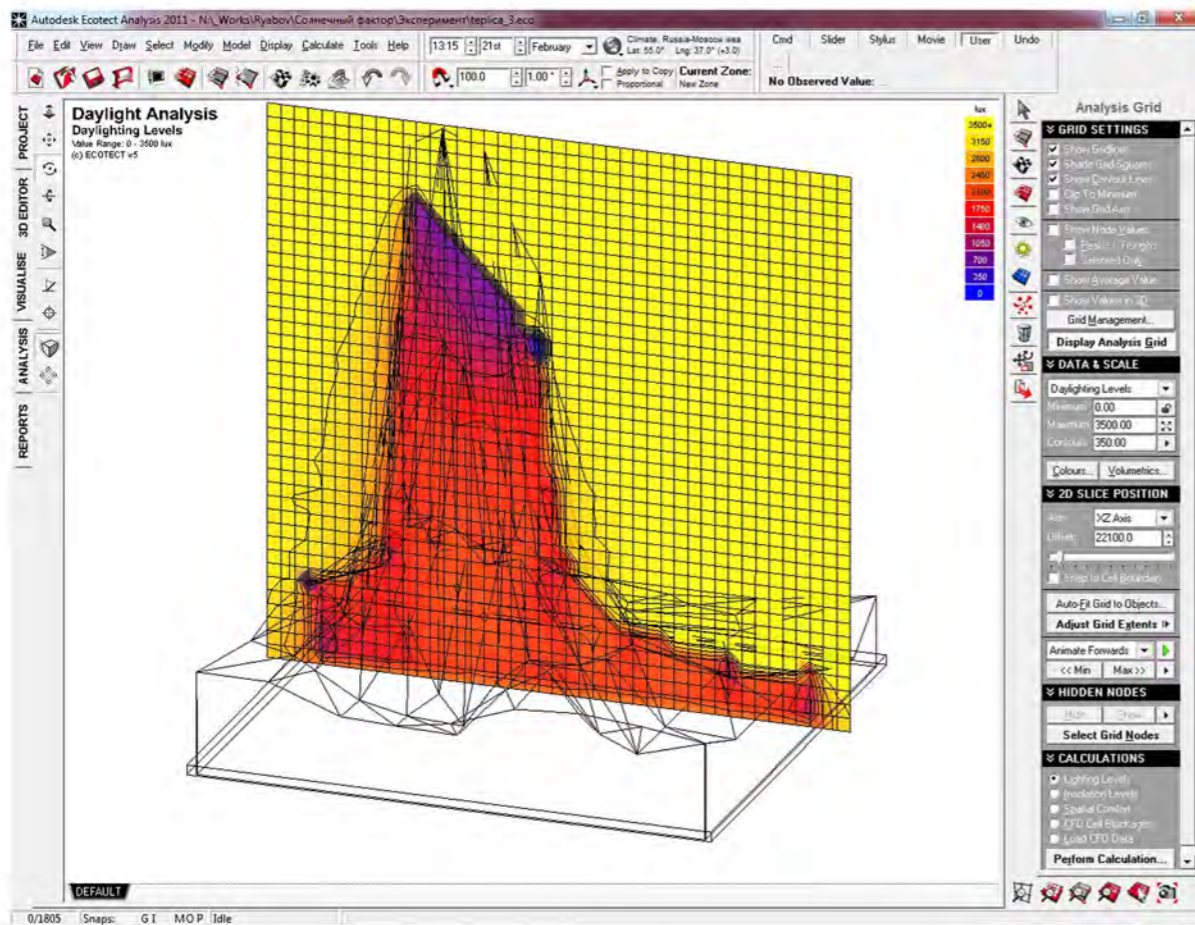


Рисунок 3.32 Анализ освещенности. Шаг 7/7. Настройка общих параметров

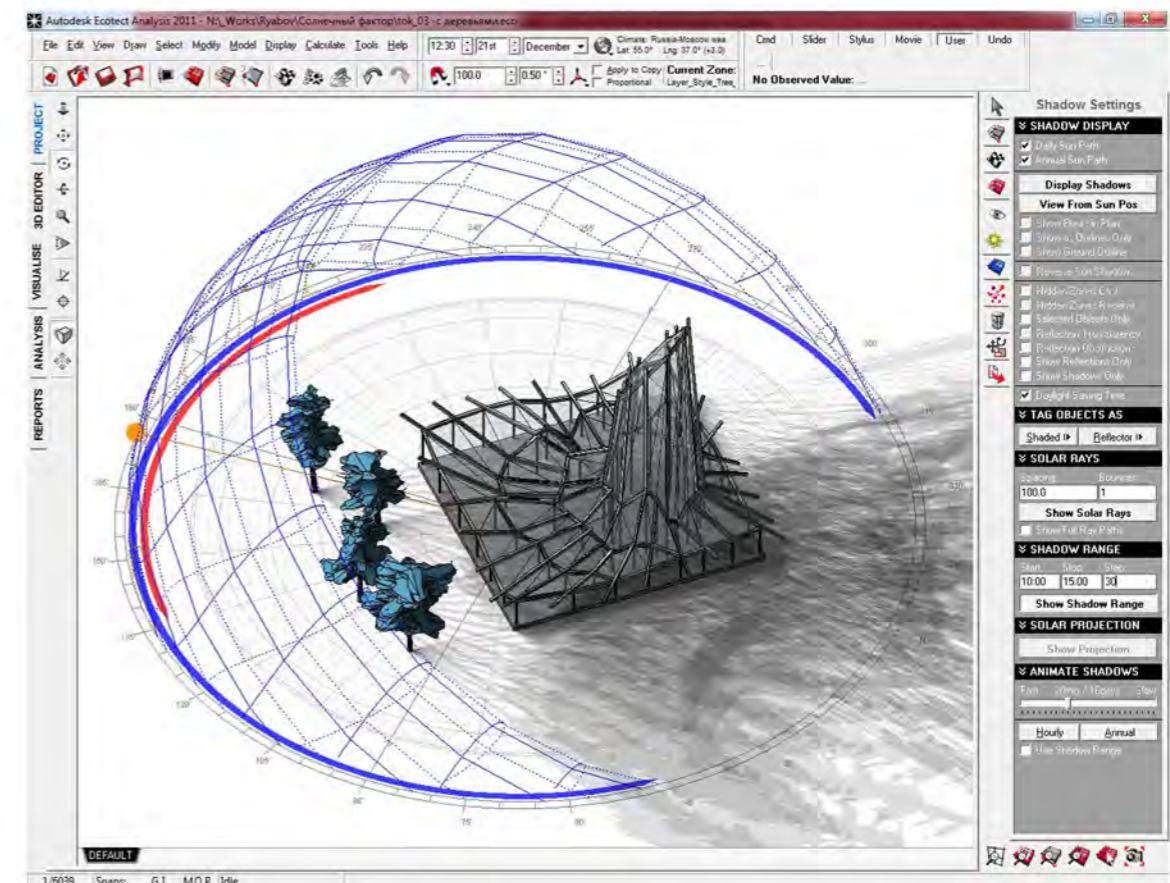
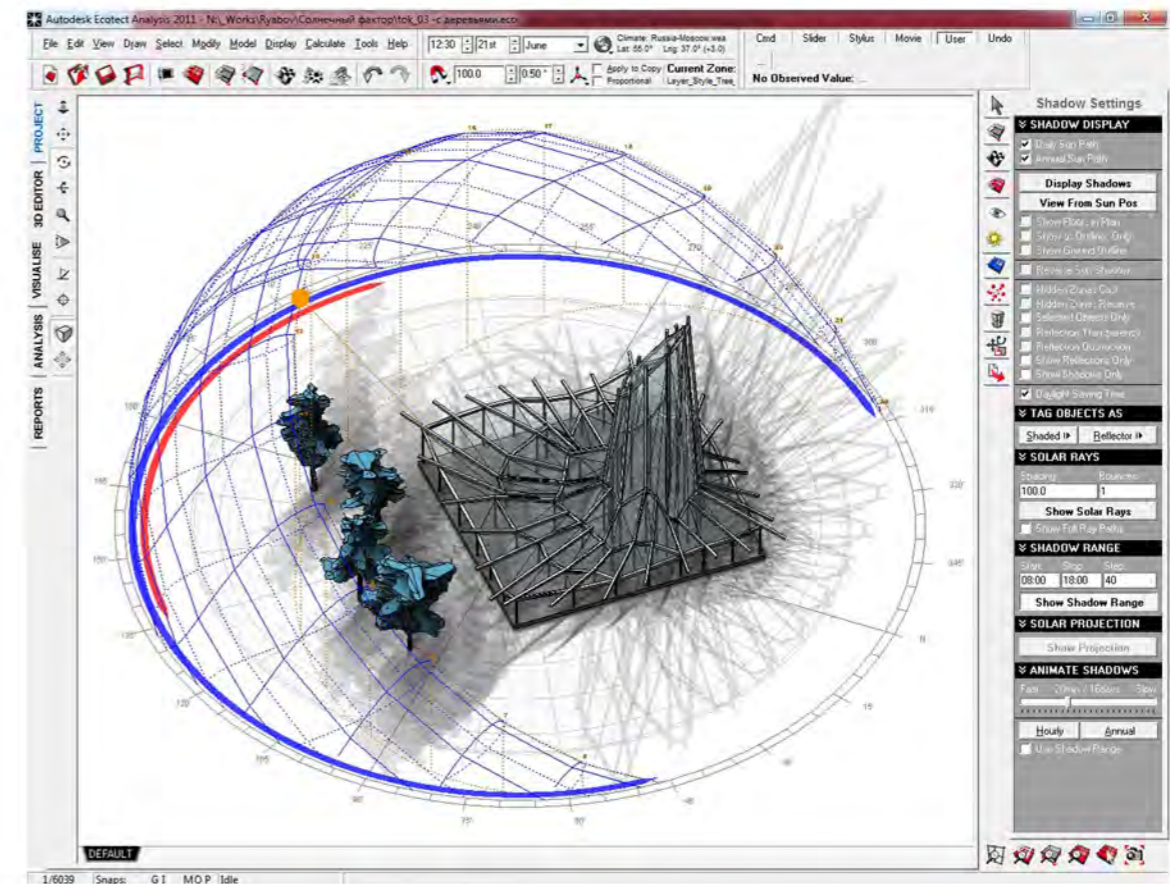
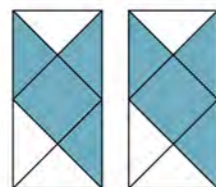




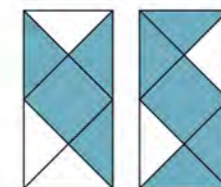
**Рисунок 3.33** Визуализация освещенности в люках внутри теплицы

Если ваша теплица находится на участке вблизи других построек или деревьев, имеет смысл проверить, насколько интенсивное затенение могут оказать подобного рода объекты. Для этого их необходимо импортировать в наш файл и расположить их на соответствующем месте относительно теплицы. Затем справа на контрольной панели мы выбираем раздел Shadow Settings и подраздел Shadow Range. Этот инструмент покажет нам диапазон теней в течение определенного дня в заданный период времени. Оценим два крайних случая – день летнего солнцестояния 21 июня и день зимнего солнцестояния 21 декабря. Для первого случая установим временной диапазон, например, с 8:00 до 18:30, а для второго случая с 10:00 до 15:00. Далее устанавливаем количество фиксированных положений солнца для расчета в разделе Step и, нажав кнопку Show Shadow Range, получаем визуализацию. На изображении видно (рис.3.34), что деревья (в особенности два средних) затеняют здание теплицы, однако не критично. В ином случае было бы необходимо либо изменить расположение теплицы, либо попытаться

решить проблему, изменив геометрическую форму ограждающей оболочки. Ecotect Analysis располагает и более точными инструментами для расчета затенения (см. видео уроки Е. Шириняна <http://prosapr.blogspot.ru/> в разделе видеозаписи). Мы провели подробный анализ влияния солнечной радиации на наше здание. Это позволило нам смоделировать наиболее оптимальную форму оболочки с учетом различных аспектов солнечного излучения. Нами были рассмотрены лишь некоторые возможности программы Ecotect, решающие наиболее важные задачи при проектировании теплиц. В целом инструментарий программы Ecotect охватывает не только расчеты, связанные с солнечным фактором, но и другие разделы экологического анализа, которые могут пригодиться как в учебном проектировании, так и в профессиональной деятельности. Целью данного пособия является демонстрация аналитического научно обоснованного подхода к проектированию, что крайне при проектировании высокотехнологических зданий.



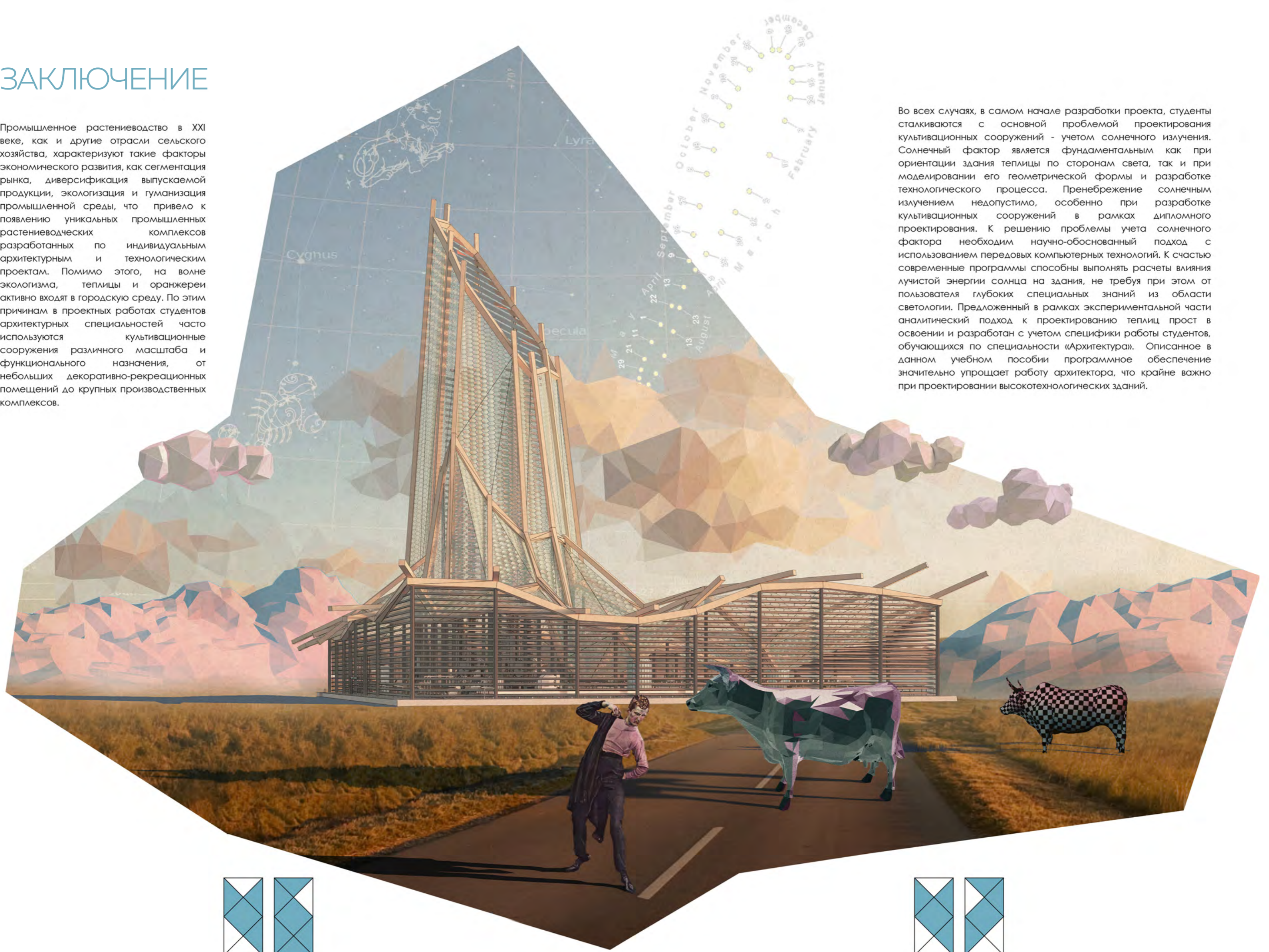
**Рисунок 3.34** Визуализация затенения. Вверху день летнего солнцестояния 21 июля, внизу день зимнего солнцестояния 21 декабря



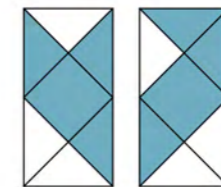
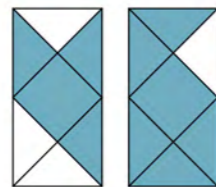


# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Промышленное растениеводство в XXI веке, как и другие отрасли сельского хозяйства, характеризуют такие факторы экономического развития, как сегментация рынка, диверсификация выпускаемой продукции, экологизация и гуманизация промышленной среды, что привело к появлению уникальных промышленных растениеводческих комплексов разработанных по индивидуальным архитектурным и технологическим проектам. Помимо этого, на волне экологизма, теплицы и оранжереи активно входят в городскую среду. По этим причинам в проектных работах студентов архитектурных специальностей часто используются культивационные сооружения различного масштаба и функционального назначения, от небольших декоративно-рекреационных помещений до крупных производственных комплексов.



Во всех случаях, в самом начале разработки проекта, студенты сталкиваются с основной проблемой проектирования культивационных сооружений - учетом солнечного излучения. Солнечный фактор является фундаментальным как при ориентации здания теплицы по сторонам света, так и при моделировании его геометрической формы и разработке технологического процесса. Пренебрежение солнечным излучением недопустимо, особенно при разработке культивационных сооружений в рамках дипломного проектирования. К решению проблемы учета солнечного фактора необходим научно-обоснованный подход с использованием передовых компьютерных технологий. К счастью современные программы способны выполнять расчеты влияния лучистой энергии солнца на здания, не требуя при этом от пользователя глубоких специальных знаний из области светологии. Предложенный в рамках экспериментальной части аналитический подход к проектированию теплиц прост в освоении и разработан с учетом специфики работы студентов, обучающихся по специальности «Архитектура». Описанное в данном учебном пособии программное обеспечение значительно упрощает работу архитектора, что крайне важно при проектировании высокотехнологических зданий.



# КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

В ходе работы над проектом культивационных сооружений защищенного грунта следует руководствоваться последовательностью проектирования, предложенной в настоящем учебном пособии. Пред началом каждого этапа проектирования необходимо ответить на соответствующий контрольный вопрос. Соблюдение последовательности проектирования и правильное решение контрольных вопросов формируют аналитический подход к работе и, как результат, грамотно решенный архитектурный проект.

## Этап 1. Сбор исходной информации

Какие факторы определяют геометрическую форму теплиц? Попробуйте сформулировать не менее 5 факторов, которые должны послужить основой вашего проекта. Сделайте эскиз архитектурного решения проектируемого здания с учетом выявленных факторов (см. стр. 6-7, 13-17).

## Этап 2. Функциональное зонирование и конструктивная схема

Какие конструктивные и функциональные схемы вы используете в своем проекте? Для каждой схемы сделайте аналитический эскиз. Адаптируйте архитектурный эскиз в соответствии с полученными эскизами (см. стр. 13-16).

## Этап 3. Учет средовых факторов

Какие средовые факторы являются определяющими при моделировании формы теплицы? Создайте упрощенную трехмерную модель в соответствии с эскизом архитектурного решения и условиями ориентации теплиц по сторонам света и приема солнечной радиации (см. стр. 6-12).

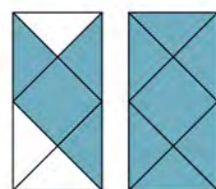
## Этап 4. Анализ солнечного излучения

Какие аспекты позволяет выявить анализ модели средствами Autodesk Ecotect? Импортируйте упрощенную модель в программу Ecotect и проведите последовательный анализ (см. стр. 20-44).

## Этап 5. Адаптация модели

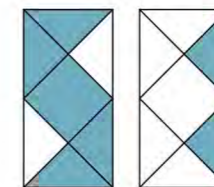
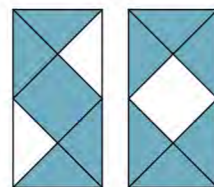
Какие недостатки модели, выявленные в ходе анализа Ecotect, могут быть устранены в результате адаптации геометрической формы теплицы? Измените модель, оценив распределение солнечной радиации по поверхности теплицы, а также количество света в культивационных помещениях. Проведите анализ новой модели и сравните результаты. Попробуйте достигнуть наиболее эффективной формы, путем многократной адаптации модели (см. стр.36-38).

Используйте модель, полученную в аналитической части, как основу для разработки главной архитектурной модели курсового проекта.



# БИБЛИОГРАФИЯ

1. Архитектурная физика : Учебник для вузов : Спец. «Архитектура» / В. К. Лицкевич, Л. И. Макриненко, И. В. Мигалина и др.; Под редакцией Н. В. Оболенского. — М. : Архитектура-С, 2007
2. Бекетт К. Растения под стеклом: Пер. с англ./ Под ред. И. В. Дрягиной - М.: Мир, 1988
3. Гераскин Н.Н. Архитектура сельскохозяйственных производственных зданий, ферм и комплексов. – С-Пб.: Нестор-История, 2014
4. Кабанен Т.В. Энергосберегающие светотехнические установки и оборудование для многоярусных узкостеллажных тепличных технологий :применительно к условиям Эстонии: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2008
5. Климов В.В. Оборудование теплиц для подсобных и личных хозяйств. - М.: Энергоатомиздат, 1992
6. Куртнер Д. А., Усков И. Б. Климатические факторы и тепловой режим в открытом и защищенном грунте - Л.: Гидрометеоздат, 1982
7. Назаринов Л.В. Теплица в приусадебном хозяйстве. - М.: Россельхозиздат, 1987
8. Новикова Н.В. Архитектура предприятий агропромышленного комплекса - М.: Архитектура-С, 2008
9. Новикова Н.В. Архитектура теплиц и оранжерей: Учеб. Пособие. – М. : Архитектура-С, 2006
10. Нормы технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады. НТП 10-95. — М.: НИПИаг-ропром, 1999
11. Общесоюзные нормы технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады ОНТП-СХ. 10-85 - М.: 1986
12. Свентицкий И.И., Жилинский Ю.М. Сельскохозяйственная светотехника. -М.: Колос, 1972
13. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь / Гл. ред. В. К. Месяц. — М.: Сов. энциклопедия, 1989
14. Тихомиров А.А., Лисовский Г.М., Сидько Ф.Я. Спектральный состав света и продуктивность растений. Новосибирск: Наука. Сибирское Отделение, 1991
15. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. — Л.: Гидрометеоздат, 1977
16. Шарупич В.П. Рекомендации по расчету и проектированию радиационного режима отдельных сооружений селекционных комплексов. -Орел: Гипронисельпром, 1982
17. Шарупич В.П. Исследование и расчет режимов совместного облучения теплицах: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук - Красноярск: Институт физикиим. Л.В. Киренского СО АН СССР, 1978
18. Ширинян Е.А. Основы климатического анализа проектных решений при помощи Autodesk Ecotect Analysis. Методическое пособие. - М.:МАРХИ, 2015
19. Шульгин И.А. Растение и солнце. Л.: "Гидрометеоздат", 1973
20. Alpi A., Tognoni F. Cultivo en invernadero – Madrid, España: Mundiprensa, 1999
21. Barbado J.S. Hidroponia- Buenos Aires, Argentina: Editorial Albatros, 2005
22. Castilla N. Invernaderos de plástico- Madrid, España: Mundi-Prensa Libros, 2007
23. Diesendorf M. Greenhouse Solutions with Sustainable Energy – Sydney, Australia.: UNSW Press, 2007
24. Dietrich R., Schrader K. Gewächshäuser und Heizungsanlagen im Gartenbau- Stuttgart, Deutschland: Ulmer, 2011
25. Gavilan M. U. Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía - Madrid, España: Mundiprensa, 2015
26. Krieger K. Gewächshäuser - Stuttgart, Deutschland: Franckh-Kosmos, 2003
27. LeCuyer A. ETFE: Technology & Design. – Basel, Switzerland: Birkhauser, 2008
28. Lorenz-Ladener C. Kleine grüne Archen: Passivsolare (Erd-)Gewächshäuser selbst gebaut - Staufen im Breisgau, Deutschland: ökobuch, 2012
29. Milicka G., Schumann E. Das Kleingewächshaus: Technik und Nutzung - Stuttgart, Deutschland: Ulmer, 2004
30. Murray S. Translucent Building Skins: Material Innovations in Modern and Contemporary Architecture- Oxford, UK: Routledge, 2013
31. Pinske J. Kleingewächshaus und Frühbeet: Klug planen - richtig nutzen - Schwarzenbek, Deutschland: Cadmos, 2011
32. Pinske J. Gewächshäuser: Technik und Nutzung – München, Deutschland: BLV Buchverlag, 2016
33. Resh H.M. Cultivos hidropónicos- Madrid, España: Mundi-Prensa Libros, 2001
34. Ruther O. Der kontinuierliche Ökomanipulierte Pflanzenbau.- Wien, Austria: Ruthner Pflanzentechnik AG,1982
35. Watts A. Modern Construction Envelopes- New York, USA: Springer, 2011



*учебное издание*

**Рябов Алексей Владиславович**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛИЦ, АНАЛИЗ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

учебное пособие

Книга печатается в авторской редакции

Подписано в печать 29.09.2016

Формат 60\*90 1/8

Бумага мелованная. Печать цифровая

Отпечатано в типографии МАРХИ

107031, Москва, Рождественка, 11/4

+7(495)625-70-62 oop@markhi.ru

