

## История развития и совершенствования систем естественного освещения промышленных зданий

*С.В. Стецкий, К.О. Ларионова, С.М. Rogozin*

*Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный  
Университет*

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные этапы развития промышленной архитектуры и промышленного строительства в мире за последние столетия. Анализируются различные архитектурно-планировочные и конструктивные решения зданий, изменяющиеся с течением времени, а также подходы к внутреннему микроклимату рабочих помещений производственных зданий. Отмечается, что одним из важнейших режимов внутреннего микроклимата является световой режим, который может быть обеспечен как естественным, так и искусственным способом. Естественный метод означает обеспечение помещений естественным светом, что требует конструктивных решений по устройству окон и фонарей в цехах промзданий. Результаты анализа суммируются в виде ряда рекомендаций, выводов по исследованиям.

**Ключевые слова:** промышленные здания, архитектурные и конструктивные решения, внутренняя световая среда, системы верхнего и бокового естественного освещения, конструктивные решения окон и фонарей верхнего света.

Крупномасштабное промышленное строительство в наиболее развитых странах мира в основном началось с середины XIX века. Однако, в истории строительного искусства встречается целый ряд сооружений, которые функционально могут быть отнесены к промышленным зданиям. Прежде всего, это относится к зданиям, в которых кустарным способом изготавливались примитивные потребительские товары и к сооружениям для их хранения. Средневековые амбары и мельницы, здания мануфактур XVIII века и первые металлургические заводы позапрошлого века могут служить примерами типичных промышленных зданий и сооружений своего времени. Такие объекты, возникшие в различные исторические периоды и служившие различным целям, имеют одно общее свойство: они полностью соответствуют положениям знаменитой триады Витрувия о пользе, прочности и красоте объектов архитектуры. Они функциональны и имеют хотя и простое, но четкое и логичное конструктивное решение. Кроме того, они «масштабны», т.е. соразмерны человеку и имеют много общих черт с

---

традиционными жилыми зданиями. Даже в первых фабричных зданиях массового производства, которые уже не являлись кустарными мастерскими, сохранялись эти черты. Например, первые металлургические заводы по планировке своей территории напоминали традиционные крестьянские подворья (рисунки 1). [1,2]

С течением времени совершенствовались знания людей о технологических процессах, протекавших в промзданиях, о свойствах материалов и конструкций и т.д. Это позволило значительно усовершенствовать планировочные и конструктивные решения зданий, выйти на увеличение их габаритов и этажности. Однако, практически не решалась одна из главных задач архитектурно-строительного проектирования – задача создания качественной внутренней микроклиматической среды в производственных помещениях промзданий. Строго говоря, эта задача автоматически решалась по «остаточному принципу»: если есть стены, то есть и окна в них; если есть крыша, то есть защита от дождя и снега; наконец, если есть стены и крыша, то в здании будет сохраняться хоть какое-то тепло. Окна в помещениях использовались как средства естественного освещения и средства естественной вентиляции совершенно без учета научной стороны этих процессов. Использование научных методов в вопросах создания оптимального микроклимата в рабочих помещениях началось только в XX веке с развитием архитектурно-строительных наук и, в частности, строительной физики, являющейся частью физико-технических аспектов проектирования зданий, которые в настоящее время объединены под общим названием «Физика среды» [3,4].

Естественное освещение, являлось одним из важнейших факторов формирования внутреннего микроклимата, как уже отмечалось выше, традиционно обеспечивалось через боковые светопроемы (окна). Верхнее освещение в начальные этапы становления и развития промстроительства

---

использовалось крайне редко – в основном как вторичная функция элементов вентиляции помещений – вентиляционных вытяжек или слуховых окон. Кроме того, система верхнего естественного освещения, даже в случае ее использования, эффективна лишь для одноэтажных промзданий. В случае строительства многоэтажных промзданий, что являлось характерным для большинства стран с развивающейся в тот период промышленностью вследствие дефицита территории и дороговизны земли, система верхнего естественного освещения через примитивные светопроемы на покрытии могла обеспечить естественным светом рабочие помещения только последнего этажа. Лишь с возникновением и развитием научных основ совершенствования внутреннего микроклимата производственных помещений и, в частности, световой среды, вопросы ее проектирования как в теории, так и в практическом конструктивном воплощении получили реальное развитие.

Световая среда помещений изучается в пределах курса дисциплины «Строительная светотехника», которая является составной частью «Строительной физики». В научном аспекте одним из важнейших достижений строительной светотехники является доказательство большей светотехнической эффективности зенитных участков небосвода по сравнению с приземными при сплошной облачности небосвода и диффузном характере наружной освещенности. В проектных решениях, на основе вышеупомянутых научных достижений с конца XIX века по начало XXI века были разработаны, а затем и усовершенствованы конструктивные элементы системы верхнего естественного освещения зданий. Они начинались с простых фонарей – надстроек на покрытиях зданий, затем совершенствовались до фонарей шедового типа, зенитных фонарей и т.д. (рисунок 2). Последними достижениями в этой области явилась разработка световых колодцев и полых трубчатых световодов [5,6], которые

---

обеспечивали естественное освещение помещений на всех этапах многоэтажных производственных зданий. Наиболее инженерным и логичным решением для одноэтажных промзданий, которое возникло еще в средние века, явилось использование для них зданий «базиликального типа», характерного для раннехристианских храмов. Здания раннехристианских базилик, предназначенных для размещения в них большого количества прихожан, имели ряд особенностей, соответствующих желаемым характеристикам производственных зданий. Данные здания имели значительную ширину за счет сочетания нескольких, как правило, трех, нефов (пролетов), значительную длину и высоту. Все это способствовало при аналогичных решениях производственных зданий, размещению в них различных производств – уже не в виде ремесленных мастерских, а в виде достаточно крупных цеховых производств со специализированными технологическими участками. Характерной особенностью базиликальных зданий была увеличенная высота среднего пролета – так называемый «перепад высот». На нем располагаются дополнительные светопроемы, обеспечивающие, в дополнение к боковым окнам, прирост освещенности в центре здания и активации естественной вентиляции помещений. Расположение окон на перепадах высот зданий уже свидетельствовало об интуитивном понимании средневековых архитекторов и строителей об эффективности верхнего естественного освещения. Это явилось следствием богатого архитектурно-строительного опыта зодчих тех времен, при котором обилие практических решений выявило наилучшие теоритические варианты этих решений, способствующие возникновению новых проектных разработок уже на основе научных достижений (рисунки 3).

Если иметь ввиду, что окна на перепаде высот не являются в прямом смысле элементами системы верхнего естественного света, то они в скором времени привели зодчих к созданию фонарей верхнего естественного

---

освещения, которые и явились реальными элементами этой системы. Эти элементы в течение столетий претерпевали ряд конструктивных изменений и модернизаций в соответствии с климатическими условиями и технологическими особенностями производства. [7-12]. Однако все они могут быть подразделены по следующим классификационным группам, а именно (рисунок 4):

1. Фонари-надстройки, или фонари с двухсторонним боковым остеклением. Они являются простыми по конструктивному решению, могут быть использованы и для целей естественной вентиляции, но данные фонари обладают недостаточной светоактивностью, прежде всего за счет расположения остекления не сверху, а сбоку фонарей - надстроек;

2. Фонари-шеды или фонари с односторонним боковым остеклением. Они являются, при соответственной ориентации, эффективным средством защиты помещений от нежелательного температурного и яркостного воздействия солнечной радиации и обладают высокой степенью отражательной способности света от их нестекленных конструкций. Однако, прямая составляющая естественной освещенности в таких фонарях относительно невелика.

3. Зенитные фонари непосредственно ориентированы на зенитную часть небосвода, имеющую наибольшую яркостную характеристику. Покрытия таких фонарей выполняются в виде куполов, пирамид, конусов и так далее. Соответственно с этим, фонари подразделяются на купольные, пирамидальные, конусообразные и плоские (плафонные). Зенитные фонари являются самыми светоактивными элементами системы верхнего естественного освещения зданий но, как правило, не имеют аэрационной функции. Применение системы верхнего естественного освещения прошло два основных этапа архитектурно-планировочного, конструктивного и научного развития. Первый этап заключался в значительном увеличении

---

размеров промзданий в плане. Это диктовалось не только соображениями технологии и эффективности производства, но и соображениями эффективности системы естественного освещения помещений. Практическим воплощением первого этапа является проектные воплощения научно-обоснованных положений архитектурно-строительной светотехники. В частности, крупные одноэтажные промпредприятия возводились с применением купольных покрытий на основе ячеистой каркасной конструктивной схемы. Также купола, являясь фактически «парусными» оболочками, делают возможным обеспечение интерьеров промзданий требуемыми уровнями естественной освещенности, как за счет зенитных фонарей, расположенных на куполах, так и за счет вертикального остекления в торцах парусных сводов. Данный этап может быть определен, как существовавший до конца XX века (рисунок 5).

Современный этап развития и совершенствования системы верхнего естественного освещения может быть определен как базирующийся на новых достижениях строительной светотехники и на принципиально новых конструктивных решениях элементов системы верхнего света. Прежде всего это относится к новым прогрессивным решениям естественного освещения интерьеров зданий в виде световых колодцев и полых трубчатых световодов (рисунки 6 и 7). Основным достоинством этих проектных решений является обеспечение естественным светом глубоких производственных помещений не только одноэтажных, но и многоэтажных зданий. Данные проектные решения аналогичны системе дополнительного искусственного освещения с заменой искусственного света на естественный. Таким образом, данные проектные решения могут быть охарактеризованы, как система комбинированного естественного освещения помещений.

---



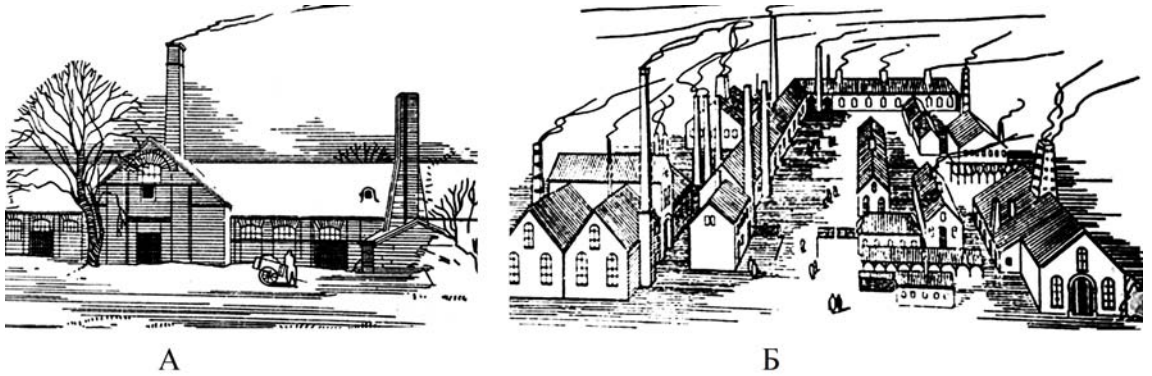


Рисунок 1. Общий вид заводов в Германии, начало XIX века:

А – железодетальный, Б – сталелитейный.



Рисунок 2. Применение фонаря верхнего света в промышленном здании.

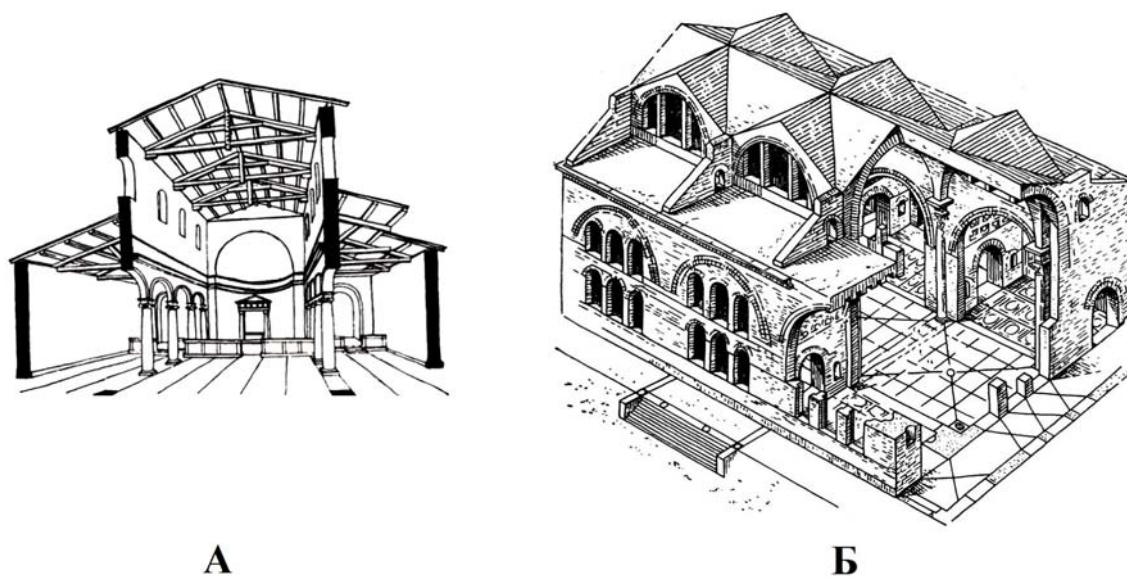


Рисунок 3. Базилика, Древний Рим IX век:

А - разрез традиционного одноэтажного здания базиликального типа;

Б - аксонометрия базилики с покрытием из крестовых сводов и контрфорсами.

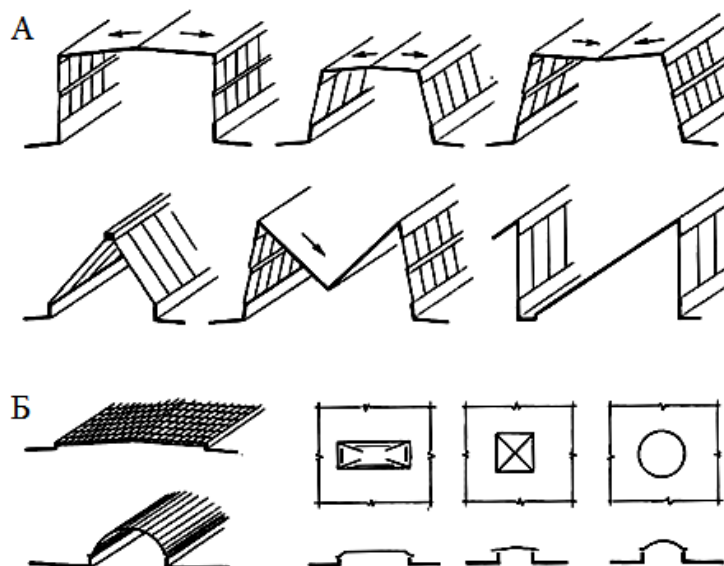


Рисунок 4. Типы фонарей верхнего света:

А – светоаэрационные фонари-надстройки и шеды; Б – Световые зенитные фонари.



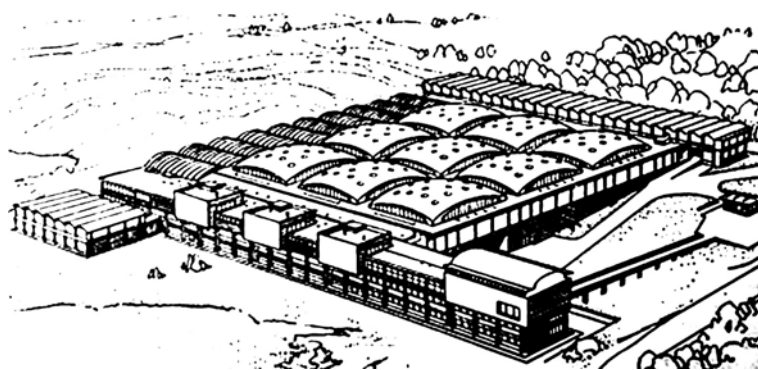


Рисунок 5. Перспектива одноэтажной фабрики в Англии, века с покрытием из парусных сводов. Середина XX века



Рисунок 6. Пример применения полых трубчатых световодов в здании.

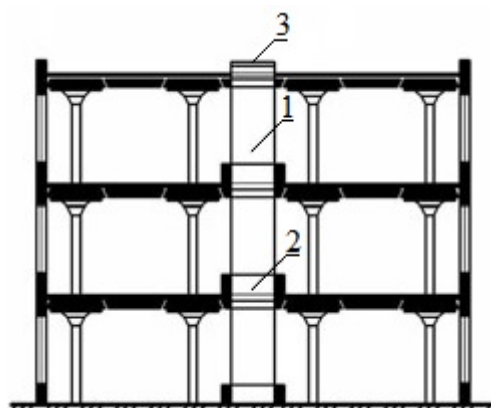


Рисунок 7. Характерный поперечный разрез по многоэтажному промзданию со световыми колодцами: 1 - Остекление колодца; 2 -Проем в перекрытии; 3 - Зенитный фонарь.

### **Выводы.**

1. Зарождение, развитие и совершенствование промстроительства и промархитектуры в мире убедительно показало жизненную необходимость использования положений строительных наук, в частности, строительной физики для проектирования качественной внутренней среды в производственных помещениях промзданий различного функционального назначения и этажности. Показана также особая роль строительной светотехники в решении этого вопроса.

2. Строительная светотехника, решая вопросы качества внутренней световой среды, зародилась как научная реакция на практические запросы производства, заключавшиеся прежде всего в росте производительности труда и улучшении качества выпускаемой продукции. По мере развития научной базы строительной светотехники, были доказаны такие факты, как большая эффективность естественного света по сравнению с искусственным, большая яркость зенитной части облачного небосвода по сравнению с его участками у горизонта и т.д. На основе этих достижений в период интенсивного развития производства в мире, начиная с XIX века, возник целый ряд прогрессивных проектных решений производственных зданий и их систем естественного освещения. Последними эффективными разработками в этой области можно считать световые колодцы и полые трубчатые световоды, возникновение которых приходится уже на конец XX-начало XXI веков.

### **Литература**

1. Шубин Л.Ф. Архитектура гражданских и промышленных зданий, Том V Промышленные здания. // М.: Стройиздат. 1975. 311 с.

2. Хенн В. Промышленные здания и сооружения. // М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. 1959. 287 с ( перевод с немецкого).

---



3. Соловьев А.К. Физика среды // М.: АСВ. 2014. 341 с.
  4. Маклакова Т.Г. Зодчество индустриальной эпохи // М: АСВ. 2003. 207с.
  5. Стецкий С.В., Гуанлун Ч. Конструктивные и планировочные решения многоэтажных производственных зданий при обеспечении в них естественного освещения через световые колодцы // М: Промышленное и гражданское строительство. 2014. №3. С. 70-72.
  6. Kuznetsov A.L., Oseledets E.Yu., Solovyov A.K., Stolyarov M.V. Experience of application of hollow tubular light guides for natural illumination in Russia // M: Light & Engineering. 2012. Т. 20. № 3. С. 62-70.
  7. Стецкий С.В., Ларионова К.О., Борисов В.А. Влияние снегового покрова на зенитных фонарях системы верхнего естественного света на уровне освещенности в помещениях // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. URL:[ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_181\\_Stetsky\\_Larionova.pdf\\_faf02c357f.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_181_Stetsky_Larionova.pdf_faf02c357f.pdf)
  8. Стецкий С.В., Ларионова К.О., Борисов В.А. Влияние загрязнения снеговых отложений на уровни внутренней естественной освещенности в помещениях с системой верхнего естественного света // Инженерный вестник Дона. 2018. №1. URL:[ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_182\\_Stetsky\\_Larionova\\_Borisov.pdf\\_b1083f64be.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_182_Stetsky_Larionova_Borisov.pdf_b1083f64be.pdf)
  9. Константинов А.П., Плотников А.А., Борискина И.В. Снег на светопрозрачных кровлях отапливаемых зданий // Вестник МГСУ. 2012. № 4. С. 51-55.
  10. Константинов А.П., Борискина И.В., Плотников А.А. Снежный покров на стеклянных купольных покрытиях отапливаемых зданий (на примере г. Москва) // Вестник МГСУ. 2011. № 1-1. С. 120-126.
-



11. Brotas L, Wilson M. Daylight in Urban Canyons: Planning in Europe. PLEA 2006 The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture // Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006, proceedings II. pp. 207-212.
12. Tregenza PR. Measured and calculated frequency distribution of daylight illuminance. // Lighting Research and Technology. 1986. Vol. 18 №2. pp. 71-74.

### References

1. Shubin L.F. Arhitektura grajdanskih i promishlennih zdaniy, Tom V Promishlennye zdaniya. M.: Stroizdat. 1975. 311 p. [Architecture of civil and industrial buildings, volume 5 industrial buildings].
  2. Henn V. Promishlennye zdaniya i sooruzeniya. M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo literaturi po stroitelstvu\_ arhitekture i stroitelnim materialam. 1959. 287 p. (perevod s nemeckogo) [Industrial buildings and structures].
  3. Solovev A.K. Fizika sredi M. ASV. 2014. 341 p. [Physics of the environment].
  4. Maklakova T.G. Zodchestvo industrialnoi epohi M: ASV. 2003. 207 p. [Architecture of the industrial era].
  5. Steckii S.V., Guanlun Ch. Promishlennoe i grajdanskoe stroitelstvo. 2014. №3. pp. 70-72.
  6. Kuznetsov A.L., Oseledets E.Yu., Solovyov A.K., Stolyarov M.V. Light & Engineering. 2012. Vol. 20. № 3. pp.62-70.
  7. Steckii S.V., Larionova K.O., Borisov V.A. Inzenernyj vestnik Dona, 2018. №1.URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\_181\_Stetsky\_Larionova.pdf\_faf02c357f.pdf.
  8. Steckii S.V, Larionova K.O., Borisov V.A. Inzenernyj vestnik Dona, 2018. №1.URL:ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\_182\_Stetsky\_Larionova\_Borisov.pdf\_b1083f64be.pdf.
-



9. Konstantinov A.P., Plotnikov A.A., Boriskina I.V. Vestnik MGSU. 2012. № 4. pp. 51-55.
10. Konstantinov A.P., Boriskina I.V., Plotnikov A.A. Vestnik MGSU. 2011. № 1-1. pp. 120-126.
11. Brotas L, Wilson M. PLEA 2006 The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006, proceedings II. pp 207-212.
12. Tregenza PR. Lighting Research and Technology. 1986. Vol. 18 №2. pp 71-74.