

КРИТЕРИИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Исмаилова Ш.Т.

Ст. Казахской Головной Архитектурно-строительной Академии, Алматы, Казахстан
shakhnoza.ism07@mail.ru

В данной статье рассмотрены различные критерии выбора вида ограждающей конструкции. Были произведены теплотехнические расчеты. А так же по результату сравнительного анализа было выявлено наиболее оптимальное конструктивное решение ограждающей конструкции.

КУРУЛУШТУН ОПТИМАЛДУУ ЧЕЧИМИН ТАНДОО ҮЧҮН КРИБЕРЛЕР

Исмаилова Ш.Т.

Бул макалада курчоо структурасынын түрүн тандоонун ар кандай критерийлери талкууланат. Жылуулук техникасы боюнча эсептөөлөр жүргүзүлдү. Ошондой эле, салыштырмалуу талдоонун натыйжасында, курчап турган түзүмдүн эң оптималдуу конструктивдүү чечими аныкталды.

CRITERIA FOR SELECTING THE OPTIMAL CONSTRUCTION SOLUTION ON THE EXAMPLE OF THE INDUSTRIAL BUILDING ENCLOSURES

Исмаилова Ш.Т.

This article discusses various criteria for selecting the type of enclosing structure. Heat engineering calculations were made. As well as the results of comparative analysis revealed the most optimal design solution of the enclosing.

Проектирование оптимальных наружных стен с учетом тенденций, появившихся в последние годы в мировой практике актуальна, так как дает экономический и социальный эффект. Обязательным условием при этом является уточнение методики определения оптимальных наружных стен с учетом условий страны.

Современные тенденции развития наружных стен показывают, что выполнение большого объема строительства должно быть основано на использовании оптимальных наружных стен.

Целью работы является рассмотрение влияния различных критериев при принятии оптимального проектного решения.

В современных условиях проектирование конструкций наружных стен требует особого подхода, в первую очередь учета климатических факторов.

Конструктивные решения наружных стен должны быть оптимальными с учетом особенностей климата, материальной базы, распространения местных материалов и транспорта. Поиск оптимальных решений должен основываться на всестороннем изучении технологии изготовления конструкций, свойств используемых материалов и специфики возведения зданий. Должны быть учтены также эксплуатационные расходы на отопление зданий, определяемые соответствующими расчетами теплозащитных свойств наружных стен. Толщина стен должна определяться не только на основе расчетов прочности, но и теплотехнических расчетов с учетом экономических критериев [1].

Оптимальные конструкции наружных стен должны быть экономичны, надежны в расчетный период эксплуатации, обеспечивать экономию топлива и, самое главное, гарантировать комфортные условия для жизни трудящихся.

В общем случае существует следующая система критериев:

- технические критерии. Критерии должны отражать техническую эффективность конструктивных решений в отношении ее функций (долговечность, прочность, деформативность, ограждающие свойства, унификация, ремонтно- способность, эстетика и др.);

- функциональные и объемно-планировочные критерии. Эти критерии должны отражать взаимовлияние объемно-планировочных конструктивных решений. Критерии должны отражать соответствие конструктивных решений конфигурации плана и разрезам здания, требованиям гибкости планировки;

- архитектурно-градостроительные критерии. Критерии определяют степень соответствия конструктивных решений градостроительным требованиям, архитектурным требованиям к облику промышленного здания в составе предприятия;

- критерии экономического характера, в том числе удельные технико-экономические показатели на 1м объема или 1м площади здания;

- критерии строительно-технологического и строительно-монтажного характера.

Рассмотрим влияние некоторых обозначенных выше критериев на выбор оптимальной стеновой конструкции для промышленного предприятия.

Варианты конструктивного решения стены:

1	Кирпичная стена
2	Стена из газоблока
3	Сэндвич панели
4	Керамзитобетонные панели

Технология возведения зданий и сооружений определяет теоретические основы и принципы практической реализации отдельных видов строительных, монтажных и специальных работ, рассматриваемых самостоятельно или во взаимосвязке в пространстве и времени с другими работами с целью получения продукции в виде законченного строительством зданий и сооружений [2].

Наилучшие результаты, позволяющие оценить рассматриваемые сравниваемые варианты, дает комплексный анализ с позиций нескольких его видов.

Рассматривается процесс возведения стеновых конструкций, выполняемый, в соответствии с требованиями нормативной документации, специализированными бригадами.

Производство работ должно вестись в соответствии с технологическими процессами.

Стены из кирпича, кирпичных изделий и мелких блоков

Кладка может быть сплошной и облегченной. Стены надлежит крепить к колоннам анкерами, клямерами или хомутами, которые ставят по высоте через 70—100 мм.

Прочность креплений, обеспечивающих устойчивость стен при возведении и в период эксплуатации, определяется расчетом на ветровую нагрузку. Помимо хорошей заделки к кладке крепежные детали должны быть надежно прикреплены к колоннам каркаса.

Кирпичная (и мелкоблочная) кладка обладает большой трудоемкостью производства в зимних условиях.

Был произведен расчет календарного плана производства работ.

№	Работы	Ед.изм.	Объем работ	Нормы времени чел-час	Трудоемкость чел-дни	Состав бригады	Продолжительность
1	Кладка наружных и внутренних кирпичных стен общей толщиной 510 мм при высоте этажа свыше 4 м	м ³	10,7892	3,2	4,32	Каменщик 4р-1,3р-1	2 дня
2	Армирование кладки стен и других конструкций	кг	38,22	0,17	0,81	Арматурщик 3р-1,2р-2	1 день
3	Установка стальных крепежных элементов, монтажных изделий массой до 20 кг	кг	4,108	1,1	0,56	Электросварщик 4р-1,5р-1,6р-1	1 день
4	Утепление плоских поверхностей плитами (минераловатными на синтетической связующем М-125)	м ²	58,32	0,96	7,00	Термоизолировщик 4р-1,3р-1,2р-1	2 дня

Таблица 1 - Календарный план производства работ по устройству кирпичной кладки с утеплением минераловатными плитами одного шага колонн

Итого для монтажа одного шага колонн кирпичной кладкой необходимо 3 дня. Продолжительность работ была посчитана по ЕНИР сборник 3 «Каменные работы», § ЕЗ-3. Кладка стен из кирпича.

Стены из крупных бетонных блоков

Кладку блоков производят на цементном растворе марки не ниже 25 с расшивкой швов. Вертикальные пазы заполняют легким бетоном. При монтаже блоков необходимо соблюдать перевязку швов. В местах совпадения вертикальных швов смежных рядов в горизонтальные швы закладывают арматурные стержни диаметром 8—10 мм.

Такие же стержни предусматривают в углах здания.

Крепление стен из блоков к колоннам производят гибкими Т-образными анкерами из стержней диаметром 10 мм. Одни концы анкеров закладывают в горизонтальные пазы блоков, а другие приваривают к закладным элементам колонн.

№	Работы	Ед.изм.	Объем работ	Нормы времени чел-час	Трудоемкость чел-дни	Состав бригады	Продолжительность
1	Кладка стен из легковесных камней без облицовки при высоте этажа свыше 4 м	м ³	11,664	1,7	2,48	Каменщик 4р-1,3р-1	1 день
2	Армирование кладки стен и других конструкций	кг	1,974	0,17	0,04	Арматурщик 3р-1,2р-2	1 день
3	Установка стальных крепежных элементов, монтажных изделий массой до 20 кг	кг	1,264	1,1	0,17	Электросварщик 4р-1,5р-1,6р-1	1 день
4	Изоляция плоских поверхностей плитами (минераловатными на синтетической связующем М-125)	м ²	29,16	0,96	3,50	Термоизоляровщик 4р-1,3р-1,2р-1	1 день

Таблица 2. - Календарный план производства работ по устройству кладки из газоблока с утеплением минераловатными плитами одного шага колонн

Итого для монтажа одного шага колонн кладки из газоблока необходимо 2 дня.

Продолжительность работ была посчитана по ЕНИР сборник 3 «Каменные работы», § ЕЗ-6

Стены из железобетонных и ячеистобетонных и панелей

Стены отапливаемых зданий возводят из многослойных и панелей. Многослойная панель состоит из двух железобетонных ребристых плит и расположенного между ними утеплителя из минераловатных плит. В случае использования панелей для стен зданий с повышенной влажностью внутренняя сторона утеплителя покрывается оклеечной пароизоляцией.

Панели с наружной и внутренней сторон покрывают цементно-песчаным раствором марки 100 слоем толщиной 20 мм. Армируют панели продольными и поперечными сварными каркасами, собранными в пространственную конструкцию[3].

№	Работы	Ед.изм.	Объем работ	Нормы времени чел-час	Трудоемкость чел-дни	Состав бригады	Продолжительность
1	Установка панелей наружных стен одноэтажных зданий длиной до 7 м, площадью до 10 м ² , высота здания до 25 м	шт	4	3	1,50	Монтажник 5р-1,4р-1,3р-1,2р-1	1 день
3	Установка стальных крепежных элементов, монтажных изделий массой до 20 кг	кг	30,56	1,1	4,20	Электросварщик 4р-1,5р-1,6р-1	1 день

Таблица 3. - Календарный план производства работ по установке 1м³ панелей стеновых одного шага колонн

Итого для монтажа одного шага колонн кирпичной кладкой необходимо 2 дня.

Продолжительность работ была посчитана по ЕНИР сборник 4 «Монтаж сборных железобетонных конструкций», § Е4-1-8. Установка панелей стен, перегородок, парапетных и карнизных плит.

Стены из металлических листов и панелей

Металлические ограждения стен имеют малый вес, а алюминиевые к тому же обладают высокой коррозионной стойкостью, хорошей отражательной способностью, красивым внешним видом, причем фасады не требуют дополнительной отделки.

Вес тонколистовых стен в 8—23 раза меньше, чем стен из железобетонных панелей, а стоимость их ниже на 17—20% (из алюминиевых листов) и на 45—50% (из стальных оцинкованных).

Панель состоит из плоских обшивочных алюминиевых листов толщиной 1 мм, периметральной рамы швеллерного профиля (уголки 20х20 мм и лист) и двух слоев утеплителя из пенопласта или сотопласта на основе крафт-бумаги [4].

Элементы панели соединяют алюминиевыми заклепками и эпоксидным клеем. Для устранения мостиков холода, обрамляющие рамы панелей облицовывают тонкой древесноволокнистой плитой или бакелизированной фанерой.

№	Работы	Ед.изм.	Объем работ	Нормы времени чел-час	Трудоемкость чел-дни	Состав бригады	Продолжительность
1	Монтаж ограждающих конструкций стен из многослойных панелей заводской готовности при высоте здания до 50 м	шт	4	1,7	0,85	Монтажник 5р-1,4р-2,3р-1	1 день
3	Постановка высокопрочных стропильных балок	100 шт	0,2	8,6	0,22	Монтажник 4р-1,3р-1	1 день

Таблица 4. - Календарный план производства работ по установке сэндвич-панелей одного шага колонн

Итого для монтажа одного шага колонн сэндвич-панелями необходимо 2 дня.

Продолжительность работ была посчитана по ЕНИР сборник 5 «Монтаж

металлических конструкций», § E5-1-23. Установка карт из стеновых панелей типа «сэндвич».

Таблица 5. Сравнительная диаграмма продолжительности дней монтажа одного шага колонн



По таблице 5. самой продолжительной по скорости монтажа является заполнение одного шага колонн кирпичной кладкой, самой быстрой – монтаж сэндвич-панелями.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕНЫ

От теплотехнических качеств наружных ограждений зданий зависит:

- благоприятный микроклимат зданий;
- количество тепла, теряемого зданием в зимнее время;
- температура внутренней поверхности ограждения, гарантирующая от образования на ней конденсата;
- влажностный режим ограждения, влияющий на теплозащитные качества ограждения и его долговечность.

Создание микроклимата внутри помещения обеспечивается за счет:

- соответствующей толщины ограждающей конструкции;
- мощности систем отопления, вентиляции или кондиционирования.

Методика теплотехнического расчета основана на том, что оптимальная толщина ограждающей конструкции находится исходя из:

- климатических показателей района строительства;
- санитарно-гигиенических и комфортных условий эксплуатации зданий и помещений;
- условий энергосбережения.

Методика теплотехнического расчета заключается в определении экономически целесообразного сопротивления теплопередаче наружной ограждающей конструкции.

При этом сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче.

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций производится с учетом требований следующих нормативных документов:

- СН РК 2.04-04-2011 «Тепловая защита зданий»;

- СП РК 2.04-01-2017 «Строительная климатология»;
- СП РК 2.04-106-2012 «Проектирование тепловой защиты зданий».

Для выполнения расчета была использована программа для теплотехнического расчета ТеРеМОК 0.8.5 / 0118 © 2005—2016/ Программа производит вычисления на основе всех необходимых нормативных документов. Работа с приложением предельно проста. Оно позволяет выполнять работу в двух режимах:

- расчет необходимого слоя утеплителя;
- проверка уже продуманной конструкции.

Приняты следующие условные характеристики района строительства:

- Зона влажности — Сухая;
- Расчетная температурой наружного воздуха в холодный период года, $t_{ext} = -31$ °С;
- Расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $t_{int} = 18$ °С;
- Средняя температура наружного воздуха отопительного периода, $t_{ht} = -6.8$ °С;
- Продолжительность отопительного периода, $z_{ht} = 200$ сут.;
- Нормальный влажностный режим помещения и условия эксплуатации ограждающих конструкций — А.
- Коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, $n = 1$;
- Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\alpha_{ext} = 23$ Вт/(м²·°С);
- Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\alpha_{int} = 8.7$ Вт/(м²·°С);
- Нормируемый температурный перепад, $\Delta t_n = 7$ °С;
- Нормируемое значение сопротивления теплопередаче, $R_{req} = 1.992$ м²·°С/Вт;
- Суммарный тепловой поток через 1 м² конструкции, $Q = 18.3$ Вт/м²;
- Точка росы расположена на расстоянии 131 мм от внутренней грани ограждающей конструкции.

Стены из кирпича, кирпичных изделий и мелких блоков

Таблица 6. Теплотехнический расчет стены из кирпича

№	Наименование, плотность	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	t	мм
1	Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе (ГОСТ 530), 1600 кг/м ³	0.58		120
2	Маты минераловатные на синтетическом связующем (ГОСТ 9573), 125 кг/м ³	0.064		120
3	Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе (ГОСТ 530), 1600 кг/м ³	0.58		250

Суммарная толщина конструкции, $\sum t = 490$ мм;

Стены из крупных бетонных блоков

Таблица 7. Теплотехнический расчет стены из газоблока

№	Наименование, плотность	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ t,	мм
1	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат, 800 кг/м ³	0.33	200
2	Маты минераловатные на синтетическом связующем (ГОСТ 9573), 175 кг/м ³	0.066	50
3	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат, 800 кг/м ³	0.33	200

Суммарная толщина конструкции, $\sum t = 450$ мм;

Стены из железобетонных и ячеистобетонных и панелей

Таблица 8. Теплотехнический расчет стены из стеновой панели

№	Наименование, плотность	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ t,	мм
1	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон, 1800 кг/м ³	0.8	30
2	Маты минераловатные на синтетическом связующем (ГОСТ 9573), 225 кг/м ³	0.072	140
3	Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон, 1800 кг/м ³	0.8	30

Суммарная толщина конструкции, $\sum t = 200$ мм;

Стены из металлических листов и панелей

Таблица 9. Теплотехнический расчет стены из сэндвич панели

№	Наименование, плотность	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ t,	мм
1	оцинкованная сталь	47	0.5
2	пенополиизоцианурат	0.021	60
3	оцинкованная сталь	47	0.5

Суммарная толщина конструкции, $\sum t = 60$ мм;

На основании результатов проведенного исследования, которые приведены ниже в таблице, можно сделать вывод, что одним из критериев выбора оптимального конструктивного решения является технологический параметр. Конструкции заводского изготовления при условии соблюдения теплотехнических параметров возводятся за более короткие сроки, что существенно влияет на конкурентоспособность проектного решения.

Сводная сравнительная таблица общих характеристик сравниваемых конструкций стены

	Вид конструкции	Продолжительно сть, дни	Толщина стены, мм
	Кирпичная стена	3	490
	Стена из газоблока	2	450
	Сэндвич панели	1	60
	Керамзитобетонные панели	1	200

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Зарубина, Л.** Теплоизоляция зданий и сооружений. *Материалы и технологии* / Л. Зарубина. - М.: БХВ-Петербург, 2013.
2. *Изоляция. Материалы и технологии.* - М.: НТС "Стройинформ", 2006
3. **Основин, В. Н.** *Справочник по строительным материалам и изделиям* / В.Н. Основин, Л.В. Шуляков, Д.С. Дубяго. - М.: Феникс, 2006.
4. **Петренко В.В., Гречанников Г.С.** *Строительные материалы и конструкции. Курс лекций/ Под общей редакцией Узунова В.Н.- Симферополь, УЭУ, 2004 г.*