ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ И КОМПОНОВКИ КУЗНЕЧНОГО ЦЕХА

Башатова М.Н., магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Оренбургский государственный университет", г. Оренбург

**Аннотация:** В данной статье рассматривается специфика определения площади кузнечного цеха, приводится несколько методов расчета оптимальной площади объекта в соответствии с анализом научной литературы, а также сравниваются с технико-экономическим обоснованием два варианта проекта будущего здания.

**Ключевые слова:** кузнечный цех, оптимальная площадь, оптимальная компоновка, проект цеха, компоновочный план, П-образный, Ш-образный.

Для определения объемов капиталовложений для строительства нового кузнечного цеха следует разработать инвестиционный проект (или бизнес-план), для которого, в свою очередь, необходимо предварительно определить один из основных показателей, значительно влияющий на стоимостные значения, это строительный объем. В зависимости от данного показателя зависят экономическая целесообразность и экономическая необходимость проектирования соответствующего промышленного объекта, устанавливаются важнейшие технико-экономические показатели (ТЭП) производства, выбирается площадка для строительства объекта.

Для того, чтобы разработать перспективный план развития данной отрасли промышленности и технико-экономическое обоснование строительства кузнечного цеха в предпроектной период важно определить оптимальную площадь и компоновку будущего здания. Стоит отметить, что на данный момент не существует регламентированный документов и соответствующих строительных норм и правил для решения данного вопроса.

Приводимые ниже указания следует рассматривать лишь как основные предпосылки, дающие методику компоновки площадей при разработке проектов кузнечных цехов [1].

Для определения оптимальной площади [1,2,3] выбран цех IV класса для крупносерийного и массового производства с ориентировочным годовым выпуском 100 000 т. и средней массой поковки 6,3 кг. По характеру производства данный цех относится к специализированным.

Существует несколько методов определения размеров площадей отделений и участков, входящих в состав кузнечного цеха. Одним из первых является метод укрупненного проектирования, который основан на использовании укрупненных (средних) показателей, выведенных из аналогичных производств, опираясь на опыт уже построенных объектов.

Общая площадь кузнечного цеха при таком методе [2,3] может быть определена из формулы (1)

где – годовая программа цеха в единицах массы;

годовой выпуск в тех же единицах, отнесенных к 1 соответственно общей или производственной площади цеха при его работе в одну смену, принимаемый по данным аналогичного производства;

принятое число смен работы цеха.

Согласно данным таблицы VIII.34 [2] общая площадь кузнечного цеха при двухсменной работе по укрупненным показателям будет равна

Основываясь на значения таблицы 9.11 [3] при тех же исходных данных, получим

Если же опираться на данные таблицы VIII.3 [2], то для кузнечного цеха с годовым выпуском поковок 100 000 т в год площадь будет равна 30 000 .

Кузнечный цех должен быть мобильным и практичным, обладать способностью к стремительному и постоянному развитию, повышению результативности работы, увеличению, усовершенствованию и диверсификации производства. Для этого необходимо иметь в достаточной степени обоснованные и рассчитанные площади, предусматривающие перспективу прогресса.

Поэтому площадь будущего кузнечного цеха согласно [3] должна определяться с учетом перспективы его развития по формуле (2)

где площадь цеха, определенная по заданной производственной программе выпуска изделий;

коэффициенты, учитывающие влияние различных факторов на площадь цеха;

суммарный коэффициент, включающий в себя следующие коэффициенты: ежегодный прирост выпуска продукции; увеличение количества штампов и различной оснастки в связи с увеличением выпуска продукции и изменением моделей изделий; рост уровня автоматизации и механизации; повышение интенсивности использования оборудования и изменение его количества; переход к выпуску новых или модернизированных изделий; другие факторы, влияющие на площадь цеха.

Вычисление коэффициентов выполняют разнообразными способами, одним из основных является метод прогнозирования [3].

Для того, чтобы определить коэффициент увеличения площади цеха в перспективе на 20 лет предположим, что ежегодный прирост выпуска продукции составляет 2%.

Увеличение выпуска продукции влечет за собой увеличение потребности в расходе металла, соответственно, и связанные с ними количество заготовок, а также занимаемая ими площадь .

Согласно данным таблиц VIII.35 [2] и 9.10 [3] распределение общей площади цеха приведено в таблице 1.

Таблица 1 - Примерное соотношение площадей в кузнечном цехе согласно данным таблиц VIII.35 [2] и 9.10 [3]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назначение участка | Распределение общей площади цеха (специализированного с индуктивным видом нагрева) согласно таблице VIII.35 [2], % | Распределение общей площади цеха (специализированного) согласно таблице 9.10 [3], % |
| Производственные  помещения | 50 | 35 |
| Вспомогательные помещения | 50 | 65 |
| В том числе:  - склады и кладовые | 23 | 35 |
| - ремонтные службы | 7 | 10 |
| - установка приточно-вытяжной вентиляции | 10 | 6 |
| - насосно-аккумуляторные  станции | - | 1 |
| - трансформаторные подстанции | 3 | 3 |
| - станции преобразователей токов повышенной частоты | 7 | 7 |
| - прочие (помещения КИП, маслоохладительные установки и пр.) | - | 3 |
| Итого | 100 | 100 |
| Примечание – Общая площадь, занимаемая цехами, делится на производственную и вспомогательную; служебно-бытовая площадь, занятая административно-конторскими, бытовыми и прочими помещениями, в большую площадь не входит и учитывается отдельно [3]. Складская площадь, находящаяся вне цеха (площадь эстакад) во вспомогательную площадь не входит и учитывается отдельно [1]. | | |

Стоит отметить, что данные таблицы 9.10 [3] взяты из актуализированный на данный момент отраслевых норм технологического проектирования предприятий автомобильной промышленности [4]. Но укрупненный расчет общей площади кузнечно-прессового цеха следует выполнять по формуле (10) [4]:

где программа годового выпуска штамповок (поковок), т;

выпуск штамповок (поковок) с 1 общей площади цеха, т (следует принимать по ОНТП 13-85 (таблица VIII.4 [2]).

Тогда, из вышеуказанной формулы следует

Согласно [2] коэффициент ежегодного прироста выпуска продукции определяется по формуле (4)

где , годовые выпуска деталей; .

Под площадью понимается склад металла, заготовок, штампов и деталей для производства, тогда согласно таблице 9.11 [3] для специализированного цеха горячей объемной штамповки значение будет равно 0,35.

Согласно теориям экономического анализа при ежегодном приросте выпуска продукции на 2% через 20 лет ее выпуск увеличится в 1,5 раза (сложные проценты), поэтому . Следовательно,

При расчете на длительную перспективу зачастую коэффициент, учитывающий повышение интенсивности использования оборудования и изменение его количества, принимают равным нулю, так как при условиях проектировании нового кузнечного цеха были заранее учтены современные технологии и средства автоматизации.

Для дальнейшего расчета объединим коэффициенты , и , обозначив как , так как увеличение выпуска продукции всегда сопровождается повышением уровня автоматизации и модернизации выпускаемых изделий, что связано с увеличением общего количество штампов и применением различных видов оснастки при текущем выпуске старых моделей. С учетом расширения площади , занятой штампами, другой оснасткой, средствами автоматизации и механизации, объединенный коэффициент будет определяться аналогично формуле (4).

Примем, что увеличение общего количества штампов и другой оснастки составляет 40% от процента прироста выпуска продукции. Следовательно, занятая ими площадь увеличится на 20%. Согласно таблице 9.10 [3] для специализированного цеха горячей объемной штамповки будет равно 0,03.

Следовательно,

Аналогично определяем коэффициент , учитывающий влияние других факторов на площадь цеха, например, увеличение лабораторий для испытания большего количества выпускаемой продукции, повышение ремонтных подразделений и рост кладовых помещений в связи с расширением оснастки и средств механизации. Следует учитывать тот факт, что в отличие от площади , занятую штампами и различной оснасткой, площадь , приходящаяся на кладовые, лабораторные и ремонтные службы, можно принять в два раза меньше (на 10%). Согласно таблице 9.10 [3] для специализированного цеха горячей объемной штамповки значение равно 0,1, тогда 0,01.

Обобщая все коэффициенты, влияющие на увеличение кузнечного цеха с учетом перспективы его развития, получим

Таким образом, при увеличении выпуска продукции в 1,5 раза при проектировании нового кузнечного цеха необходимо учесть увеличение общей площади будущего здания на 9,5% (за счет вспомогательной площади).

Учитывая вышесказанное, полученную площадь по формуле (1) увеличиваем до 19 800 , а по формуле (10) [4] - до 78 300

При аналогичных действиях согласно данным таблицы VIII.35 [2] получим, что, . Тогда, суммарный коэффициент увеличения общей площади цеха будет равен Из этого следует, что, опираясь на данные таблицы VIII.35 [2] общая площадь здания увеличится всего лишь на 6% и будет равна примерно 16 600 .

Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты анализа выбора оптимальной площади кузнечного цеха

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Методика вычисления | Процент увеличения площади кузнечного цеха с учетом перспективы, % | Общая площадь  кузнечного цеха, |
| Согласно данным  таблицы 9.10 [3] | 9,5 | 19 800 |
| Согласно данным  таблицы VIII.35 [2] | 6 | 16 600 |
| Согласно данным  таблицы VIII.3 [2] | - | 30 000 |
| Согласно данным  приложения 2 [4] | 9,5 | 78 300 |

В производственную площадь входят как площади, занимаемые оборудованием, механизмами и расположенными рядом заготовки и полуфабрикаты для складирования, так и площади, занимаемые рабочими местами и местными проходами и проездами, а также хранящимися у оборудования инструментами и штампами, необходимыми непосредственно для работы [1].

По результатам вычислений метода укрупненных показателей, приведенных в таблице 2, нельзя сделать однозначный вывод о том, какой именно должна быть предварительная площадь кузнечного цеха для будущего проектирования объекта. Если взять среднеарифметическое значение полученных данных получим среднюю площадь кузнечного цеха

Для сравнения проанализируем существующие кузнечные цеха России на 2019 г.: Кузнечный цех №2 ЧКПЗ (г. Челябинск) - 28 тыс. , Кузнечное производство тракторов (г. Челябинск) - 27,7 тыс. , Кузнечно-штамповочный цех № 37 (г. Верхняя Салда) - 36,7 тыс. , Кузнечный цех (г. Барнаул) - 30,6 тыс. , Цех листовой штамповки Иркутского завода тяжелого машиностроения (г. Иркутск) - 14 тыс. , Кузнечно-прессовый цех № 37 ПАО «Уралмашзавод» (УЗТМ - г. Екатеринбург) - 67,2 тыс. , Кузнечно-штамповочный цех Чебоксарского завода промышленных тракторов (ЧЗПТ - г. Чебоксары) - 63,5 тыс. .

Второй метод основан на выборе оптимального варианта по выполненным предварительным компоновкам площадей и планировкам оборудования.

От грамотного взаимного размещения производственных, вспомогательных, служебно-бытовых, административно-конторских и иных помещений кузнечного цеха во многом зависит успешная производственная работа, поэтому компоновку площадей данного промышленного здания следует считать одной из наиболее ответственных работ, ведь каждая допущенная ошибка может отрицательно повлиять на работу цеха в целом или отдельного участка [1].

Следует учитывать тот факт, что оборудование, расположенное в кузнечном цеху, в силу значительного веса и наличия динамических нагрузок имеет массивные и непростые фундаменты, таким образом, исправление выявившихся в процессе работы цеха недостатков в компоновке его площадей или планировке оборудования будет невозможно выполнить из-за больших дополнительных денежных затрат, а также потер времени на проведение работ, связанных с перенесением оборудования [1].

Окончательная компоновка и планировка оборудования, разрабатываемые на основании полученных размеров площадей, служат проверкой правильности принимаемых в проекте размеров площадей цеха. Поэтому для определения оптимального варианта компоновки отделений кузнечного цеха сравним здания П-образной и Ш-образной формы с поточной линией производства (наиболее универсальная и современная). Компоновочные планы обоих вариантов представлены на рисунках 1 и 2.

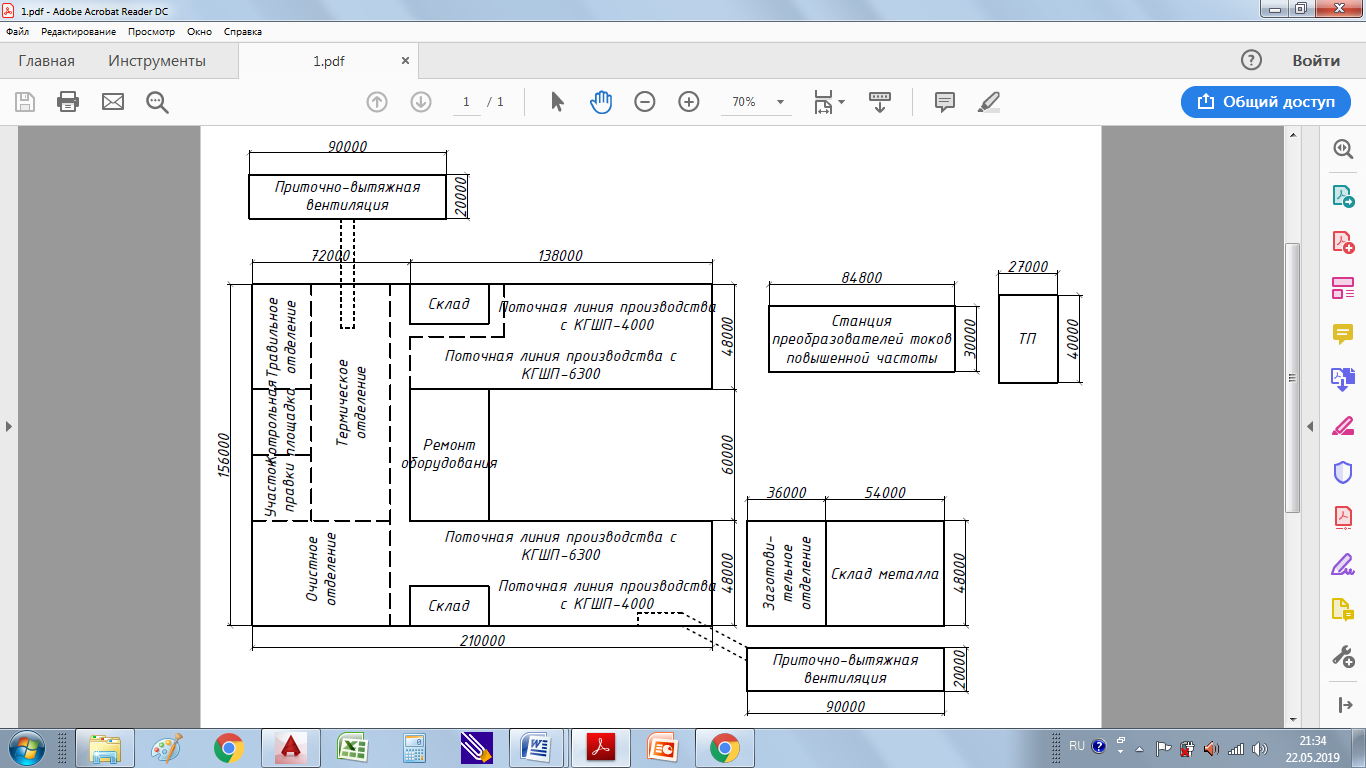


Рисунок 1 - Компоновочный план кузнечного цеха П-образной формы здания

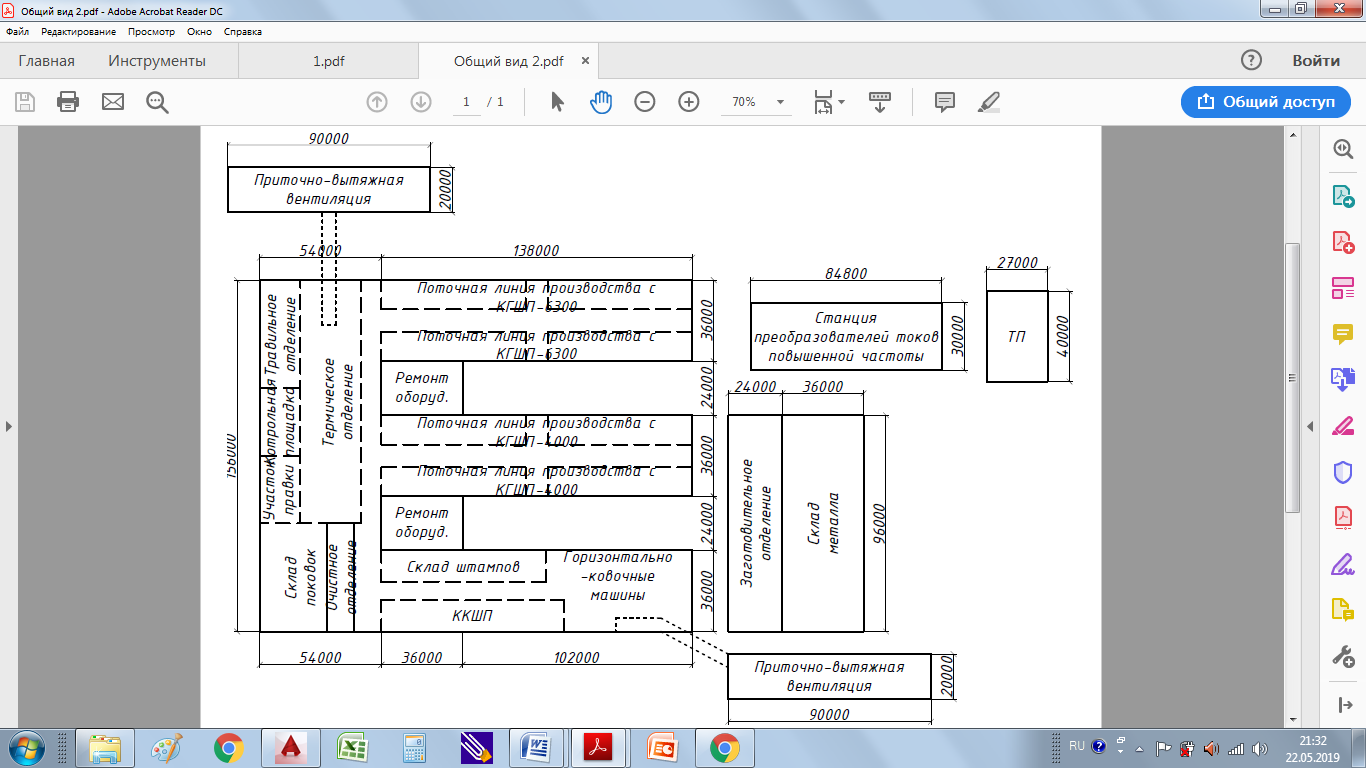


Рисунок 2 - Компоновочный план кузнечного цеха Ш-образной формы здания

Расчет и анализ экономической эффективности вариантов проекта производим по методическим указаниям [5]. Исходные данные для двух проектов указаны в таблице 3.

Таблица 3 - Исходные данные проектов кузнечного цеха П-образной и Ш-образной формы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты проекта | Кап.вложе-ния, млн.руб. | Процент распределения кап. вложений по годам, % | | | Предполагаемые доходы,  млн. руб. | Предполагаемые расходы,  млн. руб. | Процентная ставка, % |
| 1-й | 2-й | 3-й |
| П-образная форма | 1820 | 10 | 60 | 30 | 690 | 230 | 15 |
| Ш-образная форма | 2030 | 12 | 70 | 18 | 760 | 280 |

Величина капитальных вложений для каждого проекта рассчитывается в зависимости от процента распределения по годам строительства и приводится в таблице 4.

Таблица 4 - Распределение капитальных вложений по годам строительства (в миллионах рублей)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варианты проекта | Годы | | |
| 1-й | 2-й | 3-й |
| П-образная форма | 182 | 1092 | 546 |
| Ш-образная форма | 244 | 1421 | 365 |

Для каждого проекта рассчитываются показатели эффективности. Одним из них является чистый дисконтированный доход (таблицы 5 и 6).

Таблица 5 - Расчет чистого дисконтированного дохода проекта здания П-образной формы (в миллионах рублей)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шаг расчета | Результаты | Эксплуатационные затраты | Капитальные вложения | Разность | Коэффициент дисконтирования (15%) | Дисконтированный доход |
| 0 | 0 | 0 | 182 | -182 | 1.0000 | -182.00 |
| 1 | 0 | 0 | 1092 | -1092 | 0.6667 | -728.00 |
| 2 | 0 | 0 | 546 | -546 | 0.7561 | -412.85 |
| 3 | 670 | 230 | 0 | 440 | 0.6575 | 289.31 |
| 4 | 670 | 230 | 0 | 440 | 0.5718 | 251.57 |
| 5 | 670 | 230 | 0 | 440 | 0.4972 | 218.76 |
| 6 | 670 | 230 | 0 | 440 | 0.4323 | 190.22 |
| 7 | 670 | 230 | 0 | 440 | 0.3759 | 165.41 |
| 8 | 670 | 230 | 0 | 440 | 0.3269 | 143.84 |
| 9 | 670 | 230 | 0 | 440 | 0.2843 | 125.08 |

Таблица 6 - Расчет чистого дисконтированного дохода проекта здания Ш-образной формы (в миллионах рублей)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шаг расчета | Результаты | Эксплуатационные затраты | Капитальные вложения | Разность | Коэффициент дисконтирования (15%) | Дисконтированный доход |
| 0 | 0 | 0 | 244 | -244 | 1.0000 | -244.00 |
| 1 | 0 | 0 | 1421 | -1421 | 0.6667 | -947.33 |
| 2 | 0 | 0 | 365 | -365 | 0.7561 | -275.99 |
| 3 | 775 | 280 | 0 | 495 | 0.6575 | 325.47 |
| 4 | 775 | 280 | 0 | 495 | 0.5718 | 283.02 |
| 5 | 775 | 280 | 0 | 495 | 0.4972 | 246.10 |
| 6 | 775 | 280 | 0 | 495 | 0.4323 | 214.00 |
| 7 | 775 | 280 | 0 | 495 | 0.3759 | 186.09 |
| 8 | 775 | 280 | 0 | 495 | 0.3269 | 161.82 |
| 9 | 775 | 280 | 0 | 495 | 0.2843 | 140.71 |

Тогда, согласно данным таблиц 5 и 6 чистые дисконтированные доходы будут равны млн. руб. и млн. руб.

Расчет индекса доходности производится по формуле (7) [5], получаем и Сравнительный анализ вариантов проекта показан в таблице 7.

Таблица 7 - Сравнительный анализ вариантов проекта здания П-образной и Ш-образной форм

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название характеристики | Здание П-образной формы | Здание Ш-образной формы |
| Стоимость строительства (без учета оборудования), млн.руб. | 1820 | 2030 |
| Чистый дисконтированный доход, млн.руб. | 61,33 | 89,88 |
| Индекс доходности, млн.руб. | 1,046 | 1,061 |
| Аэрация здания | Достаточное (при наличии зенитных фонарей) | Наиболее лучший вариант для аэрации (при наличии зенитных фонарей) |
| Естественное освещение | Достаточное (при наличии зенитных фонарей) | Наиболее лучший вариант для инсоляции (при наличии зенитных фонарей) |
| Поточная линия производства | Продольное | Поперечное |
| Резервная площадь для дальнейшего расширения цехов | Дополнительно один пролет | Дополнительно два пролета |
| Взаиморасположение оборудования и транспортных средств | Максимальное заполнение пролетов оборудованием | Расположение однотипного оборудования в одном пролете |

Согласно данным таблицы 7 и анализу экономической эффективности вариантов по методике [5] наиболее рентабельным является проект здания кузнечного цеха Ш-образной формы.

Третий метод основан на проектировании в соответствии с утвержденными строительными нормами и правилами.

Фактически вышеуказанные методы не могут быть рассмотрены отдельно друг от друга, так как взаимодействие всех особенностей проектирования помогает определить наиболее эффективный вариант [1].

В действительности проектирование кузнечных цехов тесно связано с целым рядом особенностей, характерных для будущего проекта, или условий, не повторяющихся в уже существующих зданиях. Специфика кузнечных цехов зачастую заставляет решать тот или иной вопрос, связанный с компоновкой площадей, не по установленным правилам, что требует внесения коррективов или отступления от них, которые позволяют учесть все стороны проектируемого цеха.

**Список использованной литературы**

1. Хржановский, С. Н. Проектирование кузнечных цехов и заводов: метод. указания / С. Н. Хржановский; под ред. В. А. Бабенко. - М.: Машиностроение, 1972. - 128 с.

2. Норицын, И.А. Проектирование кузнечных и холодно штамповочных цехов и заводов: учеб. пособие для вузов / И. А. Норицын, А. М. Мансуров, В. Я. Шехтер. - М. : Высш. шк., 1977. - 424 с.

3. Шехтер, В.Я. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов: учеб. для студентов машиностроительных специальностей вузов / В.Я. Шехтер. - М.: Высш.шк., 1991. - 367 с.

4. ОНТП 01-94 Отраслевые нормы технологического проектирования предприятий автомобильной промышленности. Кузнечно-прессовые цехи / Глававтопром Роскоммаша - М.: Росскоммаш, 1994. - 25 с.

5. Зайцева, К. Н. Расчет и анализ экономической эффективности вариантов проект: методические указания для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство / К. Н. Зайцева; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. технологии строит. пр-ва. - Оренбург : ОГУ, 2018. - 22 с.

**© М.Н. Башатова, 2019**