

Негосударственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Камский институт гуманитарных и инженерных технологий»



ВЕСТНИК КИГИТ

Серия 3. Строительство, материалы и инновационные
технологии строительства и жилищно-коммунального
хозяйства

Серия 4. Новые технологии в нефтегазовой отрасли

№ 03-04 (45) • 2014

Ижевск 2014

ББК 60
УДК 378

Редакционный совет: председатель – докт. техн. наук, проф., академик **Никулин В.А.**; зам. председателя – канд. экон. наук, PhD, доцент, канд. экон. наук, академик РИА **Дегтева О.А.**; докт. техн. наук, профессор **Митюков Н.В.**

Ответственный редактор серии 3: докт. техн. наук, проректор по НИД НОУ ВПО КИГИТ **Спиридонов С.В.**

Ответственный редактор серии 4: докт. экон. наук, поч. проф. РЭА им. Г.А. Плеханова, академик МИА, Заслуженный работник Минтопэнерго РФ, почетный работник газовой промышленности РФ **Тумаев В.А.**

Члены совета: докт. техн. наук, проф., чл.-корр. РАН **Гусев Б.В.**; канд. техн. наук, академик МИА **Фомин П.М.**; докт. техн. наук, ст.н.с., чл.-корр. РИА **Толстых А.В.**; докт. техн. наук, проф., чл.-корр. РАН, академик РИА **Григорьев Б.А.**; докт. техн. наук, профессор **Касаткин В.В.**; докт. техн. наук, профессор **Сенилов М.А.**; докт. экон. наук, профессор **Павлов К.В.**; докт. техн. наук **Спиридонов С.В.**

Рецензенты: Российская инженерная академия (РИА); Удмуртское отделение Российской инженерной академии.

Вестник КИГИТ: Серия 3. Строительство, материалы и инновационные технологии строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Серия 4. Новые технологии в нефтегазовой отрасли. Ижевск: Издательство КИГИТ, 2014. 72 с.

ISSN 2308-6769

© НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных
и инженерных технологий», 2014
© Авторы, постатейно, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Строительство, материалы и инновационные технологии строительства и жилищно-коммунального хозяйства

<i>Гусев Б.В.</i> Работа промышленности сборного железобетона в 1981–1985 гг.	4
<i>Кира А.А., Балабанова О.А.</i> Сравнительный анализ экономической эффективности устройства систем вентилируемых фасадов.....	22
<i>Бердников Е.А., Русинова Н.Г.</i> Модернизация котельной нефтехимического предприятия с целью энергосбережения.....	27
<i>Газетдинов И.В.</i> Станция сотовой связи в поселке Игра.....	33
<i>Воробьев С.В.</i> Производство лицевого керамического кирпича полусухого прессования	40
<i>Данчинов А.Г.</i> Реконструкция Ижевского ЦУМА.....	45

Новые технологии в нефтегазовой отрасли

<i>Сидельников К.А., Сенилов М.А.</i> Оптимальное управление режимом работы нефтяных скважин на основе генетического метода множителей.....	49
<i>Блябляс А.Н.</i> Моделирование предельных режимов при конденсации углеводородных газов.....	57
<i>Чесноков В.К.</i> Сжиженный природный газ в России – проблемы и перспективы экспорта и внутреннего применения	61
<i>Городилов С.А.</i> Перспективы применения природного газа.....	68

СТРОИТЕЛЬСТВО, МАТЕРИАЛЫ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 666.972

Б.Н. Гусев, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН
Камский институт гуманитарных инженерных технологий

РАБОТА ПРОМЫШЛЕННОСТИ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА в 1981–1985 гг.

В работе анализируется работа советской промышленности по производству сборного железобетона в 1981–85 гг. Показаны основные факторы, приведшие к увеличению производительности труда.

The paper analyzes the work of Soviet industry for the production of precast concrete in 1981-85. The basic factors which led to an increase in labor productivity.

Ключевые слова: промышленность, железобетон, объем производства.

Keywords: industry, reinforced concrete, the volume of production.

Поставленная правительственными органами задача ускорения в ближайшие 10-15 лет социально-экономического развития страны совпадает с неблагоприятным периодом демографических изменений, когда впервые в истории СССР страна должна будет весь прирост общественного производства осуществлять за счет интенсификации труда и повышения его производительности. Если в 1976–1980 годах прирост трудовых ресурсов в экономике страны составил – 11млн. чел.; в 1981–1985 годах – 3 млн.чел., то в 1986-1990-е годы этот прирост составил немногим более 1млн. чел.

Решающими факторами увеличения производительности труда, увеличения объемов производства совокупного общественного продукта является сокращение сферы применения ручного труда, механизация, автоматизация и роботизация производства, совершенствование организационных структур управления, разработка и внедрение экономических рычагов и стимулов. Актуальной эта задача является и для промышленности сборного железобетона, являющейся одной из основных отраслей индустриальной базы строительства.

Сборный железобетон в настоящее время является и в перспективе будет являться основным строительным материалом. Динамика производства сборного железобетона по объему и номенклатуре представлена в табл. 1–4.

Таблица 1 – Объемы сборного железобетона по видам изделий и конструкций на период до 1990 г. (в млн.м³)

Наименование конструкций и изделий	1985	1990	Прогноз на 1995
1	2	3	4
Всего по СССР:	136,0	143,0	151,0
в том числе:			
1. Фундаменты,	12,1	12,4	12,9
в том числе:			
сваи,	6,0	6,3	6,7
из них:			
без поперечного армирования,	1,4	2,4	3,6
составные.	0,2	0,4	0,9
2. Каркас зданий,	13,8	14,3	14,5
в том числе:			
а) стойки и колонны, из них:	6,5	6,7	6,8
колонны центрифугированные	0,05	0,09	0,14
б) ригели, балки, фермы, из них:	7,3	7,6	7,7
из высокопрочного бетона	0,8	1,1	1,5
3. Стены и элементы зданий (лестничные марши, площадки, перемычки, электросантехпанели),	38,5	42,1	48,2
в том числе:			
а) стеновые панели наружные	26,4	28,0	32,4
б) внутренние стены и перегородки из них:	11,5	13,2	14,4
перегородки полной заводской готовности	2,7	3,7	5,0
в) объемные блоки	0,6	0,9	1,4
4. Плиты покрытий,	13,5	14,1	14,2
в том числе:			
а) пространственные	0,6	1,7	2,1
б) "на пролет"	0,5	0,8	1,8
в) комплексные	1,5	1,8	2,2
г) панели безрулонных крыш	0,13	0,14	0,15
5. Элементы инженерных сооружений.	9,5	9,9	10,2
6. Плиты перекрытий,	33,5	33,8	32,6
в том числе:			
многopустотные	15,0	15,9	15,9

1	2	3	4
7. Элементы сооружений транспорта и связи.	2,9	3,3	3,6
8. Спецжелезобетон, в том числе:	7,6	9,1	10,6
трубы напорные	0,67	1,41	1,91
трубы безнапорные	1,01	1,09	1,06
шпалы железнодорожные	1,06	1,14	1,17
спецплиты	0,67	0,82	0,97
опоры ЛЭП	1,52	1,64	1,91
шпалерные столбики	1,52	2,12	2,61
блоки-тюбинги, шахтная крепь	0,68	0,77	0,85
столбы для пастбищ	0,02	0,03	0,03
прочие изделия	0,05	0,06	0,09
9. Прочие конструкции.	3,6	4,1	4,2

Таблица 2 – Объемы сборных железобетонных преднапряженных конструкций по видам конструкций и изделий на период до 1990 г. (в млн. м³)

Наименование конструкций	1985	1990	Прогноз на 1995
1	2	3	4
Всего по СССР:	29,0	36,0	41,0
1. Сваи.	1,9	2,4	3,0
2. Элементы каркаса, в том числе:	4,8	5,7	6,0
балки и ригели	4,05	4,8	5,0
подкрановые балки	0,15	0,15	0,15
фермы	0,54	0,65	0,70
колонны	0,06	0,10	0,15
3. Плиты покрытий и перекрытий, в том числе:	16,9	20,0	22,4
многопустотные	9,5	10,4	11,0
плоские	0,6	0,7	1,10
ребристые	2,2	3,10	3,90
4. Элементы инженерных сооружений в том числе:	1,0	1,40	1,80
силосы	0,3	0,5	0,60
резервуары	0,5	0,7	0,90
эстакады	0,2	0,2	0,30
5. Специальные конструкции, в том числе:	4,65	5,8	6,9

1	2	3	4
трубы напорные	0,97	1,41	1,91
шпалы	1,06	1,14	1,17
спецплиты	0,67	0,82	0,97
опоры ЛЭП, связи	1,52	1,64	1,91
стойки виноградные	0,2	0,69	0,74
шахтная крепь	0,08	0,10	0,20
6. Пролетные строения мостов.	0,35	0,50	0,70
7. Прочие конструкции.	0,2	0,20	0,20

Таблица 3 – Объемы сборных железобетонных конструкций и изделий из легкого бетона на пористых заполнителях на период до 1990 г. (в млн.м³)

Наименование конструкций	1985	1990	Прогноз на 1995
Всего по СССР, в том числе:	21,0	36,0	44,0
1. Стены и элементы зданий.	10,7	17,0	19,8
2. Плиты перекрытий и покрытий, в том числе:	7,2	13,4	17,0
покрытия	3,7	6,8	8,7
перекрытия	3,5	6,6	8,3
3. Несущие конструкции, в том числе:	1,9	3,6	5,0
колонны	0,5	0,9	1,2
фермы, ригели, балки	1,4	2,7	2,8
4. Транспортные сооружения.	0,3	0,7	0,8
5. Спецжелезобетон.	0,24	0,5	0,6
6. Прочие конструкции.	0,7	0,8	0,8

Данные таблиц 1–4 показывают, что объем производства сборного железобетона в 1985 г. превысил 136 млн.м³ и по сравнению с 1980 г. (122,5 млн.м³) вырос на 11,3%. Объем производства к 1995 г. должен был увеличиться до 160-162 млн.м³ при среднегодовом приросте 1,8%. В 1981-1985 годах производство прогрессивных видов конструкций практически не выросло. К 1995 г. выпуск преднапряженных конструкций было намечено увеличить до 47-48 млн.м³, конструкций из легких и ячеистых бетонов - до 61 млн.м³.

Основными видами изделий и конструкций из сборного железобетона в 1985 г. являлись плиты покрытий и перекрытий – 47 млн.м³ или 34,8%, стены и другие элементы зданий (стенные панели наружные, внутренние стены и перегородки,

лестничные марши, перемычки и т.д.) – 38,5 млн.м³ или 28,5%, каркасы зданий - 13,8 млн.м³ или 10,2%, фундаменты - 12,1 млн.м³ или 9% к общему объему производства.

Таблица 4 – Объемы применения сборных железобетонных конструкций и изделий из ячеистого бетона на период до 1990 г. (в млн.м³)

Наименование конструкций	1985	1990	Прогноз на 1995
Всего по СССР , том числе:	4,23	6,33	8,42
стенные панели и блоки	1,4	2,01	2,53
панели покрытий, перекрытий и армированные теплоизоляционные панели покрытий	0,34	0,5	0,65
мелкие стеновые блоки и перегородочные плиты	2,0	3,12	4,33
Прочие изделия.	0,03	0,04	0,07

Современная структура применения сборного железобетона по отраслям строительства характеризуется следующими показателями в %:

жилищно-гражданское строительство	47
строительство объектов промышленности транспорта и связи	30
сельскохозяйственное (включая водохозяйственное) производственное строительство	18
капитальный ремонт и прочие нужды	5

Динамика расхода сборного железобетона на 1млн.руб. строительно-монтажных работ (СМР) представлена в табл. 5. Показатель расхода сборного железобетона на 1 млн. руб. СМР существенно различается по подрядным строительным министерствам и ведомствам и зависит от структуры СМР, уровня оптовых цен и ряда других факторов. Так, в Миннефтегазстрое расход сборного железобетона на 1млн.руб. СМР составлял 510м³, Минтрансстрое - 960 м³, Минэнерго - 1225 м³, Минтяжстрое СССР - 2990 м³, Минстрое СССР - 3075 м³, а в Минпрострое СССР достиг 3110 м³.

В среднем этот показатель в 1981–1985 гг. изменялся от 1400 до 1467м³ и наивысшего уровня достиг в 1985 г. Доля продукции сборного железобетона в общем объеме строительно-монтажных работ была достаточно высока и составляла более 13%. В промышленности сборного железобетона в 1981–1985 гг. не произошло существенного повышения производительности труда, снижения трудоемкости продукции, повышения технического уровня производства.

К 1990 году сборные железобетонные конструкции и изделия выпускались около 6000 различных предприятий (по данным ЦСУ СССР), подчиненные при-

мерно 60 министерствам и ведомствам. Производственные мощности действующих предприятий сборного железобетона составляли по оценке НИИЖБа и ВНИИ железобетона 161 млн.м³ изделий и конструкций в год. Концентрация производства сборного железобетона приведена в табл.6 (по учтенному кругу предприятий в количестве 2856 или 79 %производства от общего выпуска сборного железобетона).

Таблица 5 – Динамика расхода сборного железобетона в расчете на 1млн.руб. строительно-монтажных работ

Годы	Объем строительно-монтажных работ, всего, млрд. руб.	Годовой выпуск сборного железобетона, млн. м ³	Расход сборного железобетона, на 1 млн. руб.
1975	79,7	114,2	1433
1980	87,3	122,2	1400
1981	89,2	124,4	1395
1982	91,3	123,5	1353
1983	93,4	128,3	1374
1984	90,5	132,4	1462
1985	92,0	135,0	1467
1990	100,0	138,0	1380
прогноз на 1995	108,0	142,6	1320

Из приведенных данных видно, что в промышленности имелось большое количество мелких предприятий. Их насчитывалось 31,8 %,а годовой выпуск сборного железобетона на них составлял 6,4 %.Общее число мелких предприятий мощностью до 5 тыс. м³ в годпревышало500 и продолжало расти. Основной причиной этого роста являлась ведомственная разобщенность в решении вопросов обеспечения «собственного» капитального строительства железобетонными изделиями и конструкциями широкой номенклатуры, а также создание автоматизированных предприятий для мелкоразмерных изделий небольшой мощности по роторной схеме, предложенной с участием автора.

Предприятий мощностью от 20 до 100 тыс.м³ насчитывали 53,3 %,с годовым производством 49 % от общего объема. Производственные мощности промышленности сборного железобетона сосредоточены, в основном, в Центральном, Поволжском, Донецко-Приднепровском, Северо-Западном и Уральском экономических районах (табл. 7). Здесь находилось 40%производственных мощностей, а в районах Восточной Сибири и Дальнего Востока - 11% производственных мощностей.

Промышленность располагала оборудованием общей массой около 5 млн.т, в том числе металлические формы общей массой 2,6 млн.т. Основные фонды промышленности сборного железобетона составляли 13млрд.руб., в том числе оборудование - 4 млрд.руб. или 30%,

Таблица 6 – Концентрация производства сборного железобетона

Мощность предприятий, тыс. м ³	Количество предприятий, % к итогу	Среднегодовая мощность, % к итогу	Выпуск железобетонных изделий, % к итогу	Выпуск железобетона на одном предприятии, тыс. м ³
До 5	8,7	0,6	0,6	3,6
5-20	23,1	5,4	5,8	12,9
20-60	28,0	16,9	16,9	33,1
50-100	25,3	33,8	32,1	72,0
100-150	8,8	19,2	19,1	120,0
150-200	3,5	П,1	П,4	172,7
Свыше 200	2,6	13,5	14,1	284,7
Итого:	100,0	100,0	100,0	23

Анализ показывает, что за 1981 -1985 г.г.стоимость основных производственных фондов увеличилась на 33,3 % при увеличении выпуска продукции на 10,5 %. Производственные мощности промышленности за это же время увеличились на 7,3%. Это значит, что увеличение объема производства происходило в основном по экстенсивному пути развития, за счет ввода в эксплуатацию новых предприятий, мощности которых осваивались медленно. Коэффициент использования мощностей в течении 1981–1985 гг. повысился всего с 0,8 до 0,84.

Таблица 7 – Действующие мощности предприятий сборного железобетона, объем производства за 1985 г. и использование мощностей

Наименование территорий	Мощность на 01.01.85 г., тыс. м ³	Среднегодовая мощность, тыс. м ³	Выпуск продукции, тыс. м ³	Использование мощностей, %	Общий выпуск продукции по данным ЦСУ СССР, тыс. м ³
1	2	3	4	5	6
СССР	142098,8*	138846,4*	110741,5*	79,8	132425,4**
РСФСР	82461,8	80410,7	63218,8	78,6	69736,5
1	2	3	4	5	6

Северный район	3516,1	3502,3	2854,2	81,5	3067,6
Северо-Западный район	5448,5	5445,1	4124,1	75,7	4473,8
Центральный район	19047,3	18750,4	15158,1	80,8	16069,7
Волго-Вятский район	3986,6	3819,6	2959,4	77,5	3497,0
Центрально-Черноземный район	3797,8	3775,8	2694,8	71,7	3358,6
Поволжский район	9756,0	9651,8	7792,3	80,7	8891,5
Северо-Кавказский район	6638,1	6541,4	4978,6	76,1	5823,7
Уральский район	10934,7	10818,4	8765,1	81,0	9395,5
Западно-Сибирский район	8650,9	8371,6	6415,1	76,6	6991,3
Восточно-Сибирский район	5104,9	4906,1	3735,2	76,1	3894,7
Дальневосточный район	5196,5	4431,8	3460,1	78,1	3858,6
Калининградская обл.	384,4	394,4	281,8	71,4	333,3
Украинская ССР	22720,4	22105,3	18832,1	85,2	21197,2
Белорусская ССР	5716,1	5533,8	4871,3	87,7	5744,1
Узбекская ССР	6870,1	6843,2	5043,8	73,7	5766,4
Казахская ССР	0192,6	7977,1	6009,7	76,3	6270,6
Грузинская ССР	2169,9	2137,4	1618,8	76,7	1868,8
Азербайджанская ССР	2397,5	2553,3	1671,6	66,5	Т941,9
Литовская ССР	2170,4	2168,Т	Т926,6	88,8	2255,4
Молдавская ССР	1782,0	1763,9	1416,7	80,3	1652,6
Латвийская ССР	1541,7	1501,7	1312,4	87,3	1510,7
Киргизская ССР	1047,6	1029,3	864,2	84,0	988,3
Таджикская ССР	1288,1	1214,1	942,5	77,6	1056,5
Армянская ССР	Т547,7	1490,8	1265,5	84,8	1364,3
Туркменская ССР	1182,6	1119,6	867,9	77,5	953,0
Эстонская ССР	1010,3	998,1	880,3	88,2	958,7

* Не включены мощности Министерства обороны СССР и межхозяйственных организаций,

** В том числе: по Минобороны СССР - 3956,7; по Главспецстрою при Минмонтажспецстрое СССР - 1280,5; прочие - 3903,8 тыс. м³.

В промышленности сборного железобетона на начало 1985 г. действовало 10082 поточно-агрегатных технологических линии, 674 конвейерных линии и прокатных станков, 5906 кассетных установок, 8218 станков, около 50 тыс. пропарочных камер, в том числе автоматизированных и полуавтоматизированных и 400 туннельных. Большая часть продукции (63%) выпускалась по поточно-агрегатной технологии с тепловой обработкой в камерах ямного типа.

Фондовооруженность труда выросла с 24,3 тыс.руб. основных фондов, приходящихся на 1 производственного рабочего в наибольшую смену в 1980 г., до 30,7 тыс. руб. в 1985 г. или на 26 %. Расчеты показывают, что один процент роста фондовооруженности труда высвобождает 0,2-0,25 чел. Механовооруженность труда увеличилась с 1981 по 1985 годы с 7,3 до 8,6 тыс.руб. активной части основных фондов, приходящихся на 1 производственного рабочего в наибольшую смену (при коэффициенте сменности 1,48), т.е. на 18 %.

Фондоотдача, как обобщающий показатель, характеризующий использование производственных фондов, выросла с 0,74 руб. товарной продукции, приходящейся на 1 руб. основных фондов, до 0,78руб., т.е. на 5,4%. Вместе с тем, этот рост нельзя целиком относить на улучшение использования основных фондов, поскольку в 1981-1985 г.г. в промышленности произошло увеличение оптовых цен и тарифов. Только по промышленности сборного железобетона увеличение оптовых цен составило 17- 27%. С учетом изложенного, можно сделать вывод, что использование производственных фондов в отрасли практически не улучшилось.

Фондоёмкость производства сборного железобетона возросла с 80 до 96 руб/м³, т.е. на 20 %, что указывает на увеличение удельных капитальных затрат для производства сборного железобетона. О техническом уровне отрасли свидетельствует тот факт, что количество основного оборудования, приходящегося на 10 производственных рабочих, составляет от 1,1 до 1,7 единиц, в то время, как на передовых предприятиях оно составляет от 2,4 до 3,2 единиц. Основная масса железобетонных изделий - 72% от общего выпуска производится на поточно-агрегатных линиях, порядка 12% - на кассетных установках, 9% - на конвейерных и 7% - на стендовых линиях.

Показатель производительности - выработка сборного железобетона на 1 производственного рабочего возросла с 203 м³ в 1980 г. до 219,6 м³ в 1985 г., т.е. на 8,2%. Задание по росту производительности труда в 1981-1985 г.г. в промышленности сборного железобетона осталось невыполненным. Данные о средней выработке на 1 производственного рабочего по предприятиям строительных министерств приведены в табл. 8.

При среднегодовом темпе роста фондовооруженности труда 5,2% темп роста производительности в 1981-1985 г.г. составлял 1,6%, т.е. фондовооруженность труда росла в 3,3 раза быстрее его производительности. На показатели фондовооруженности и производительности труда значительное влияние оказал моральный и физический износ оборудования отрасли.

Исследования, проведенные в НИИЖБе и ВНИИжелезобетоне на предприятиях сборного железобетона, показывают, что технологическое оборудование по срокам службы распределяется следующим образом: до пяти лет - 36%; от пяти до

десяти лет – 27%; от десяти до пятнадцати лет – 14% и более пятнадцати лет - 23%. Анализ возрастного состава оборудования предприятий, производящих сборный железобетон, позволил установить, что 37 % его находится в эксплуатации свыше десяти лет.

Таблица 8 – Средняя выработка железобетонных изделий на одного рабочего по министерствам и ведомствам СССР и лучшая по отдельным предприятиям за 1985 г.

Наименование министерства (ведомства)	Выработка на 1 рабочего, м ³
1	2
Всего по СССР	219,6
Местные Советы, из них:	270,0
Главленстройматериалы	274,0
Завод ЖБИ №6	310,0
Завод ЖБИ №19	348,0
Завод «Молодой ударник»	484,0
Главмоспромстройматериалы	340,0
Завод ЖБИ №3	509,0
Завод ЖБИ №4	462,0
Завод ЖБИ №5	531,0
КИЕВГОРСТРОЙМАТЕРИАЛЫ	256,0
Минэнерго СССР	205,0
Новоспасский завод ЖБИ	437,0
Миннефтепром СССР	195,0
Миннефтехимпром СССР	146,0
Мингазпром СССР	262,0
Минтяжпром СССР	227,0
Минстройматериалов СССР	253,9
Калининский КСМ №2	379,0
Гродненский КСМ	794,1
Карагандинский завод ЖБИ	426,0
Темиртаусский комбинат «Промстройиндустрия»	518,0
Павлодарский комбинат ЖБИ №I	578,0
Госагропром СССР (б. Минсельхоз СССР)	259,1
Подольский экспериментальный комбинат СК	537,0
Ярославский ССК	433,3
Минводхоз СССР	179,0
Чардаринский КСМ	488,0
Иркутский ЖБК	423,0

1	2
Минтяжстрой СССР	219,0
Стройбаза "Ачинскалюминийстрой"	727,0
Шадринский завод ЖБИ	577,0
Завод ЖБИ треста "Оренбургжилстрой"	539,0
Минпромстрой СССР	218,5
Онежский завод ЖБИ № 4	426,4
Гуровский завод ЖБИ	399,6
Минстрой СССР	223,2
Барнаульский завод ячеистых бетонов	854,0
Арзамасский КПП № 4	604,0
Новосибирский завод ЖБИ № 12	417,1
Энгельский завод ЖБК № 3	591,4
Ярославский комбинат ЖБК	514,6
Вильнюсский завод ЖБК № 3	327,9
КПП г.Даугавпилс	554,1
Минтрансстрой СССР	195,7
Новоалтайский завод ЖБК	324,0
Воронежский КСМ	374,5
Днепропетровский КПП	374,6
Минмонтажспецстрой СССР	223,2
Усольский завод железобетонных свай	384,6
Минвостокстрой	181,5
Завод КПД-25 Владивостокского ДСК	360,8

По действующим нормам амортизационных отчислений срок службы технологического оборудования устанавливается от четырех до десяти лет. Около одной третьей части всего технологического оборудования предприятий, производящих изделия сборного железобетона, используется после отработки установленного нормативного срока службы. Эксплуатация оборудования в течение двух и более сроков службы (по сравнению с нормативным) приводит к тому, что оборудование за это время подвергается капитальному ремонту в соответствии с установленными межремонтными периодами более семи раз. Приведенные данные можно отнести и ко всей промышленности сборного железобетона в целом.

Эксплуатация морально и физически устаревшего оборудования на предприятиях, выпускающих изделия сборного железобетона, приводит к повышенным затратам на его технологическое обслуживание, текущий и капитальный ремонт. Кроме того, это оборудование из-за низкой надежности, как правило, простаивает

по причине отказов более установленных нормативных сроков, что отрицательно сказывается на эффективности производства и качестве изделий.

Проведенные исследования и анализ их результатов позволяет сделать заключение, что затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт оборудования при эксплуатации во втором ремонтном цикле по сравнению с первым увеличиваются на 10-15%, в третьем на 20-25 % и в четвертом на 28-35%, а затраты на капитальный ремонт увеличиваются еще больше. Так, себестоимость первого капитального ремонта составляет 28% от стоимости нового оборудования, а второго - около 52%. Сложившаяся структура технологического оборудования на предприятиях сборного железобетона по возрасту явилась результатом недостаточного развития промышленной базы, которая изготавливает новое оборудование. Ее развитие отстает от темпов роста потребностей предприятий, изготавливающих сборный железобетон.

Почти одна пятая часть всего технологического оборудования является источником сверхнормативных уровней шума, вибрации, запыленности, влажности. Уровень шума в цехах ЖБИ превышает предельно допустимые нормы (в децибелах) на 30-40 % и охватывает порядка 25 % общего числа рабочих.

Основными источниками шума и не менее неблагоприятного фактора вибрации являются виброплощадки, навесные вибраторы, пневмоприводы, бетоносмесители, виброуплотняющие машины. Повышенному уровню запыленности цементной пылью, превышающему нормативный до 30 %, подвержены рабочие большинства бетоносмесительных узлов и складов цемента.

Повышенный уровень паровыделения в формовочных цехах от технической неисправности и неправильной эксплуатации пропарочных камер приводит к сверхнормативной влажности воздуха и повышению простудных заболеваний рабочих формовочных цехов.

Большая доля оборудования выпускается машиностроительной промышленностью с наличием опасных острых углов кромок, неровных поверхностей, с отсутствующим ограждением и т.д. Устранение только перечисленных факторов, по мнению социологов, могло бы обеспечить повышение производительности труда на 20-30 %.

Существенно снижают производительность труда простои оборудования. В частности, простои конвейерных и стендовых линий в 1985 г. составили 19 %, точно-агрегатных линий - 16 %, прокатных станков - 20 %, кассетных установок - 22%. Потери производительности труда из-за сверхплановых простоев оборудования составляют, как минимум 4-5 %.

Численность промышленно-производственного персонала (ППП) увеличилась с 725 до 760 тыс.чел. в 1985 г. или на 4,8 %, в том числе рабочих соответственно с 602 до 634 тыс.чел. или на 5,3 %

По данным исследований, проведенных НИИЖБом и ВНИИ железобетоном, до 40% общей численности рабочих отрасли, т.е. порядка 250 тыс.чел. занято в той или иной степени ручным трудом, из этого количества свыше 60% работают на основных технологических переделах, остальные - на вспомогательных работах. Наиболее трудоемкие операции приходится выполнять при ручной очистке бетономешалок, чистке и смазке форм, установке арматуры и закладных деталей, отделке изделий, разбортовке форм и ряде других работ. При погрузочно-разгрузочных работах основная доля труда приходится на строповку и расстроповку грузов.

Значительная доля ручного труда приходится на заготовительно-складские операции. Так, несмотря на относительно высокий уровень (порядка 80%) механизации процессов складской переработки цемента, были немеханизированными операции по зачистке вагонов, выгрузке смерзшихся сыпучих материалов, контролю уровня заполнителей и цемента.

Значительный объем ручных операций приходится на арматурные работы. Достаточно сказать, что из общей численности основных и вспомогательных рабочих около 17 % заняты изготовлением арматурных деталей, из них 41% работают вручную. Уровень механизации в арматурных цехах составляет 55 %, а в цехах небольшой мощности - 18-22%. Характерными особенностями сегодняшнего производства арматурных изделий является их большая номенклатура, отсутствие специализации, расчлененность технологического процесса на ряд последовательно выполняемых операций, большой удельный вес устаревшего оборудования.

Между тем, в отрасли имеется богатый опыт передовых предприятий, где успешно механизировано выполнение большинства названных операций. В среднем по отрасли уровень механизации составляет порядка 60%.

Анализ структуры численности ППП по профессиональному составу показывает, что из общей численности работающих (760 тыс.чел.) рабочие составляют 83% или 634 тыс.чел., из которых 60% или 380 тыс.чел. - основные рабочие и 40% или 254 тыс.чел. - вспомогательные. В общей численности основных рабочих арматурщики составляют примерно 32 тыс.чел.; электросварщики сеток, каркасов - 65 тыс.чел.; дозировщики - 15 тыс.чел.; машинисты кранов - 35 тыс.чел.; мотористы бетономешалок, передаточных тележек и др. - 38 тыс.чел.; операторы - 7 тыс.чел.; формовщики - 144 тыс.чел.; строповщики - 8 тыс. чел. ; отделочники - 10 тыс.чел.; рабочие прочих профессий - 26 тыс.чел.

В табл. 9 приведены данные по структуре механизированных и ручных работ в заводском производстве сборного железобетона.

Таблица 9 – Структура механизированных и ручных работ в заводском производстве сборного железобетона

Наименование	Доля рабочих, занятых трудом, %	
	механизированным	ручным
Основное производство		
Приготовление бетонной смеси и подача ее на пост формования	80	20
Изготовление арматуры	59	41
Формование изделий	62	38
Вспомогательное производство		
Ремонтно-механический цех	35	65
Внутрицеховое перемещение грузов	26	74
Складские работы и операции	52	48
Складирование готовой продукции	84	16

Результаты анализа показали, что основные резервы повышения производительности труда в первую очередь на переделах формования изделий, изготовления арматуры, отделки готовой продукции и во вспомогательном производстве. Проведенное в 1981–1985 гг. обследование предприятий сборного железобетона по выявлению внутрисменных потерь рабочего времени выявило следующую структуру этих потерь (табл.10).

Таблица 10 – Структура внутрисменных потерь

Причины потерь	Доля потерь, %
Неисправность, внеплановые ремонты оборудования, его наладка, переналадка	42,7
Отсутствие материалов, деталей, заготовок	28,6
Отсутствие технической документации, инструмента, энергии	9,0
Уход с работы по разрешению администрации	8,4
Опоздание на работу, преждевременное ее окончание, простои по вине рабочих и др.	11,3
Итого	100,0

Анализ табл. 10 показывает, что наибольший удельный вес занимают потери, связанные с неисправностью оборудования и несвоевременной подачей сырья и материалов. Наибольшие потери рабочего времени в основном производстве (бетоносмесительное отделение, арматурный, формовочный переделы) возникают из-

за недостатков в работе вспомогательных служб - ремонтно-механических, электропаросиловых цехов.

Детальный анализ внутрисменных потерь рабочего времени в основном производстве позволил установить, что 40% всех простоев рабочих происходил по вине слесарей-ремонтников; 25% простоев вызвано недостатками работы транспортно-складских рабочих.

Примерно 17% общей численности работающих в отрасли занято в аппарате управления. На ряде предприятий процент сотрудников вспомогательных служб и аппарата управления превышает средний по отрасли в 1,5 – 2 раза. В сокращении административно-управленческого персонала также скрыто немало резервов. Например, служба ОТК в общей численности АУП на заводах ЖБИ доходит до 10%. Автоматизация контроля качества позволит высвободить как минимум 4-5 тыс.чел. работников лабораторий и ОТК. Автоматизация и компьютеризация бухгалтерских и плановых расчетов также позволит высвободить АУП.

В отрасли нарушилась связь между количеством и качеством труда, с одной стороны, и с другой - с уровнем его нормирования. В этом направлении действует и система планирования, когда фонд заработной платы устанавливается предприятиям под число занятых людей и их среднюю зарплату, а не в зависимости (с учетом) трудоемкости продукции. Нарушает принципы технического нормирования труда и устаревшая система тарифных ставок, переставшая отвечать планируемому уровню заработной платы рабочих. Известно, что средний по отрасли разряд рабочих - четвертый. Это - 63,7 коп. в час или 93 руб. в месяц, т.е. рабочие должны выполнять ежемесячно 2 нормы выработки, чтобы иметь в месяц среднюю зарплату в месяц 180 руб. Такие нормы весьма далеки от технически обоснованных.

В 1981-1985 г.г. наряду с низкими темпами роста производительности труда произошло значительное увеличение себестоимости продукции 1м³ железобетона с 59,1 до 68,9 руб/м³ т.е. на 16,5 %. При этом оптовая цена возросла с 59,2 до 75,5 руб/м³, т.е. на 27,5%. В значительной мере это связано с проведенным в 1982 г. усовершенствованием оптовых цен и тарифов в промышленности. Проведенное повышение оптовых цен на продукцию промышленности сборного железобетона позволило несколько поднять уровень рентабельности отрасли - с 0,2 % в 1980 г. до 9,6% в 1985 г., однако достигнутый уровень значительно ниже нормативного (15%). Рентабельность производства сборного железобетона сохраняет тенденцию к снижению.

На динамику производительности труда в промышленности сборного железобетона значительное влияние оказывают факторы, связанные с повышением степени заводской готовности изделий, вызывающих увеличение трудоемкости производства на предприятиях ЖБИ. По неполным данным ЦСУ СССР доля более тру-

доемкой продукции возрасла в среднем на 1млн.м³ в год, что снизило темп роста производительности труда примерно на 30% в целом по отрасли.

Что касается индустрии крупнопанельного домостроения, то по данным ЦНИИЭПжилища, к концу 1985 г. промышленная база полносборного домостроения (КПД + ОБД) насчитывала 545 предприятий (ДСК, ССК, заводы и цехи КПД) общей мощностью 63 млн.м² общей площади в год.

Динамика изменения состояния промышленной базы за 1981 – 1985 г.г. отражена в табл. 11.

Таблица 11 – Динамика изменения состояния промышленной базы за 1981–85 гг.

Показатели промышленной базы полносборного домостроения	1981–85 гг.				
	1981	1982	1983	1984	1985
Количество предприятий	493	504	516	545	545
Производственная мощность, млн. м ² общей площади	54,9	58,754	59,529	62,479	63,0
Уровень использования мощности базы, %	77	77	79	79	79

Анализ состояния и уровня использования мощности базы за 1984 г. показывает, что 48% предприятий полносборного домостроения использовали мощности ниже среднеотраслевого уровня. Особенно плохо использовались мощности на предприятиях Минсельстроя СССР, Миннефтегазстроя СССР, Минводхоза СССР, где использование мощностей в 1984 г. составило соответственно: 60, 64, 67, 64, 54 %.

Вместе с тем, ряд министерств и ведомств весьма эффективно использовали действующие мощности. Среди них (по состоянию на 01.01.1985г.) в первую очередь следует отметить Минпромстрой СССР (85%), Главмосстрой (95%), Главмособлстройматериалов(97%), Главкиевгорстрой (94%), Главалмаатастрой (100 %). Опыт работы и достигнутые результаты перечисленных министерств и ведомств свидетельствуют о полной реальности достижения более высокого, чем среднеотраслевой, уровня использования мощности и об имеющихся больших резервах интенсификации производства на действующих предприятиях полносборного домостроения.

Медленное освоение мощностей на реконструируемых предприятиях привело к снижению коэффициента их использования, что отрицательно сказывается на экономике предприятий, результатах их организационно-хозяйственной деятельности: растут основные производственные фонды и снижается фондоотдача, увеличивается себестоимость и затраты на рубль продукции, трудоемкость производства и т.д. Около 60% производственной мощности базы крупнопанельного домо-

строения сосредоточено на домостроительных комбинатах. Увеличилась мощность и количество сельских строительных комбинатов.

Средняя мощность предприятий полносборного домостроения составляет 115 тыс. м² общей площади. Из общего количества предприятий 157 (29%), преимущественно цехи, имеют среднюю производственную мощность 33 тыс. м² общей площади. Лишь 73 предприятия (13%), преимущественно домостроительные комбинаты, имеют среднюю мощность 331 тыс. м² общей площади.

Одним из факторов, сдерживающих использование мощностей материально-технической базы, является износ технологического оборудования. Предприятия домостроения оснащены оборудованием, которое морально и физически устарело. Удельный вес технологического оборудования со сроком службы до 5 лет - 33 %, а 5-10 лет - 49 %, 10-20 лет 17%, более 20 лет - 1%, то же по металлическим формам: до 5 лет - 46%, 5-10 лет - 51 %, 10-20 лет - 3 %.

Таблица 12 – Основные технико-экономические показатели работы образцовых ДСК в 1985 г.

Показатели	Единица измерения	Таллинский	Гатчинский	Калининский	Брежневский	Владивостокский	Белоцерковский	Донецкий ДСК № I
Производственная мощность	тыс. м ² общей площади	208	300	300	540	264	114,6	200
Ввод жилых домов	тыс. м ² общей площади	221,9	319,9	144,6	393,6	192,5	114,6	170,4
Трудозатраты (заводские)	чел. ч/м ² общей площади	4,4	5,2	7,36	16,8	7,12	6,4	8,1

Среднеотраслевые показатели предприятий полносборного домостроения на конец 80-х годов:

- расход металла – 30-35 кг/м² общей площади в год;
- расход цемента – 300-350 кг/м² общей площади;
- фондоотдача – 0,6-0,8 руб/руб;
- себестоимость продукции – 50-53 руб/м² общей площади;
- стоимость основных промышленно-производственных фондов – 72 руб/м² общей площади.

В то же время на 60% предприятий стоимость основных производственных фондов в два и более раза превышает нормативное значение 60-65 руб/м² общей площади в год. Только 25% предприятий имеют фондоотдачу более 1 руб/руб. На базе передовых предприятий КПД были созданы образцовые ДСК.

В их числе домостроительные комбинаты Минстроя СССР (Таллин, Калинин, Гатчина), Минэнерго СССР, Минвостокстроя СССР (г. Владивосток), Минпромстроя УССР (г. Белая Церковь), Минтяжстроя УССР (г. Донецк, СК №1). В табл. 12 приведены основные технико-экономические показатели этих предприятий.

Список литературы

1. *Баишаков Ю.И., Гусев Б.В., Зазимко В.Г., Осипов Б.А.* Производство напорных железобетонных виброгидропрессованных труб. Киев: Будівельник, 1973. 94 с.
2. *Гусев Б.В., Деминов А.Д., Крюков Б.И., Литвин Л.М., Логвиненко Е.А.* Ударно-вибрационная технология уплотнения бетонных смесей. М.: Стройиздат, 1982. 150 с.
3. *Гусев Б.В., Загурский В.А.* Вторичное использование бетона. М.: Стройиздат, 1988. 97 с.
4. *Гусев Б.В.* Техническое перевооружение предприятий стройиндустрии. М.: Знание, 1988. 46 с.
5. Пособие по технологии формования железобетонных изделий. К СНиП 3.09.01-85. М.: НИИ железобетона и железобетона, 1988. 111 с.
6. *Гусев Б.В., Соколов В.А.* Отделка поверхностей железобетонных изделий. М., 1988. 39 с.
7. *Ахрименко С.А., Грибанов В.Н., Гусев Б.В., Овчинников И.П.* Методы контроля качества и назначения состава строительных материалов. Тула, 1990. 231 с.
8. *Гусев Б.В., Зазимко В.Г.* Вибрационная технология бетона. Киев: Будівельник, 1991. 158 с.
9. *Гусев Б.В., Цыро В.В., Аксельрод Е.З., Тянь В.А.* Гибкая технология крупнопанельного домостроения. М.: Стройиздат, 1991. 207 с.
10. *Гусев Б.В., Езерский В.А., Монастырский П.В., Кузнецов Н.В.* Повышение тепло-технической однородности утепленных наружных стен с вентилируемым фасадом. М.: Научный мир, 2005. 179 с.
11. *Гусев Б.В., Кондращенко В.И., Маслов Б.П., Файвусович А.С.* Формирование структуры композиционных материалов и их свойства. М.: Научный мир, 2006. 560 с.
12. *Гусев Б.В., Самуэл Иен-Лян Ин, Кузнецова Т.В.* Цементы и бетоны – тенденции развития. М.: Научный мир, 2012. 134 с.
13. *Гусев Б.В., Файвусович А.С.* Прогнозирование долговечности бетона при выщелачивании. М.: Научный мир, 2014. 69 с.

А.А. Кира, студент

О.А. Балабанова, старший преподаватель

Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДОВ

В работе проводится сравнительный анализ различных статей затрат на устройство вентилируемого фасада и оценивается его эффективность.

The paper presents a comparative analysis of the various cost items on the device ventilated facade and assess its effectiveness.

Ключевые слова: вентилируемая фасадная система, адаптированные здания, мало-мобильные группы населения, себестоимости СМР, калькуляция затрат, эксплуатационные затраты, приведенные затраты.

Keywords: ventilated facade system adapted buildings, limited mobility, cost of construction, costing, operational costs, reduced expenditures.

Согласно ст. 15 Федерального закона № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации» "Планировка и застройка городов, других населенных пунктов, формирование жилых и рекреационных зон, разработка проектных решений на новое строительство и реконструкцию зданий, сооружений и их комплексов без приспособления указанных объектов для доступа к ним инвалидов и использования их инвалидами не допускается" [1].

В целях создания равных с другими гражданами возможностей для полноценного участия в жизни общества лиц, которые имеют нарушение здоровья (со стойким расстройством функций организма, обусловленным заболеваниями, последствиями травм или дефектами), приведшее к ограничению жизнедеятельности (инвалидов), и на основании действующего законодательства государство среди других мер социальной защиты предусматривает обеспечение беспрепятственного доступа инвалидов к объектам социальной инфраструктуры.

Общественное здание Культурно-досугового центра предназначено для временного пребывания людей при осуществлении в этом здании определенных функциональных процессов связанных с наиболее полным, комплексным удовлетворением потребностей современного горожанина в семейном отдыхе, развлечении и

бытовом обслуживании, с учетом доступности для маломобильных групп населения [2]. Все члены семьи могут находиться в одном здании и выбирать себе занятие по интересам.

Следует преодолеть предубеждение, что специальные дополнительные мероприятия лишь удорожают строительство или создают препятствия для здоровых людей. Адаптированные здания удобны для всех категорий населения: беременных женщин, матерей с прогулочными колясками, для людей преклонного возраста с любой функциональной недостаточностью и т. п. Такие здания легче поддаются функциональным преобразованиям и поэтому более привлекательны для потенциальных владельцев.

Проектно-организационные мероприятия направлены не на доступность здания инвалидами как самоцель, а на беспрепятственное получение ими требуемой услуги. Если формальная доступность здания достигается планировочными и инженерными средствами, то доступность получения услуги зависит и от организационных мероприятий. Таким образом, выполнение может осуществляться как путем проектирования, приспособления зданий для доступа инвалида к услуге, так и путем "доставки" услуги к инвалиду (на дом, в места отдыха и т.п.).

Основные решения по обеспечению условий жизнедеятельности инвалидов разработаны на основе функциональных требований к специальному оборудованию, приспособлениям и устройствам, облегчающим инвалидам пользование зданием Культурно-досугового центра [3].

Обеспечена доступность для инвалидов, к местам парковки специальных автотранспортных средств, площадкам отдыха, и др. элементам внешнего благоустройства.

Расчеты сравнительной экономической эффективности от изменения системы вентилируемых фасадов

1. Вентилируемая фасадная система «Олис». [4]
2. Вентилируемая фасадная система «А-бонд». [5]

Технологический процесс двух вариантов устройства вентилируемого фасада. В наружной отделке кирпичной стены толщиной 380 мм применяется вентилируемая фасадная система «А-бонд», с облицовкой композитными алюминиевыми панелями (500 × 700) кассетного типа A.Bond FP толщиной 4 мм. и «Олис», с облицовкой фасадными плитами (1200 × 1200) толщиной 8мм. Многослойная конструкция утепления наружных стен выполняется с вентилируемым воздушным зазором 60 мм между слоем наружной отделки фасада (экраном) и слоем утеплителя, расположенных с внешней стороны несущих конструкций (направляющих) наружной стены.

Расчет экономической эффективности производится по формуле:

$$\Delta = \Pi_1 - \Pi_2,$$

где Π_1, Π_2 – приведенные затраты на производство работ по сравниваемым вариантам, руб.

$$\Pi_i = (C_i + E_n \cdot K_i) \cdot \kappa_i + Z_{\Delta i},$$

где C_i – себестоимость СМР по i -варианту, руб.; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_n = 0,12$ при сравнении традиционных вариантов, $E_n = 0,15$ при применении новых вариантных решений); K_i – капитальные вложения в производственные фонды по i -му варианту, тыс. руб.; κ_i – коэффициент приведения к единичной продолжительности ($\kappa_1 = 1,28; \kappa_2 = 1$); $Z_{\Delta i}$ – годовые эксплуатационные затраты по сравниваемым вариантам, руб.

Расчёт себестоимости СМР

Определяем сметную стоимость двух вариантов:

1 вариант – 2623,155 тыс. руб.

2 вариант – 1209,957 тыс. руб.

Определяем себестоимость каждого варианта:

$$C = C_{\text{смп}} - \Pi_n;$$

I вариант – 2221,393 тыс. руб.

II вариант – 1070,283 тыс. руб.

Определение затрат в основные фонды, связанные с механизацией

Расчет производим на основе ресурсных ведомостей по сравниваемым вариантам и сводим в табл. 1.

Определение повариантных эксплуатационных затрат

Значение эксплуатационных затрат по каждому варианту определяем по формуле:

$$Z_{\Delta i} = C_i \cdot (H_{вс,i} + H_{кр,i} + H_{тр,i}),$$

где C_i – себестоимость СМР по i -му варианту; $H_{вс,i}, H_{кр,i}, H_{тр,i}$ – нормы ежегодных отчислений на восстановление, капитальный и текущий ремонты i -го варианта.

I вариант – срок службы 35 лет $H_{вс}=2,8\%$;

II вариант – срок службы 45 лет $H_{вс}=2,25\%$;

Нормативы ежегодных отчислений на капитальный ремонт конструкций:

I вариант – срок службы 35 лет $H_{вс}=1,15\%$;

II вариант – срок службы 45 лет $N_{bc} = 0,88\%$;
 Расчет эксплуатационных затрат сводим в табл. 2.

Таблица 1 – Калькуляция затрат на капитальные вложения в основные фонды, связанные с механизацией

Наименование сравниваемых вариантов	Ед. изм.	Количество	Ценовая характеристика единицы		Продолжительность использования, маш-см	Годовой фонд раб. времени, маш-см	Затраты в основные фонды, тыс. руб.
			Оборотов	Значение цены, тыс. руб.			
I вариант							
Автомобиль бортовой, грузоподъемностью до 5 т	маш.-час	25,37	40000 1	688,5	25,37/8=3,17	2526	0,864
Подъемник мачтовый до 0,5т	маш.-час	282,59	03112 1	147,42	282,59/8=35,32	2850	1,827
Итого:					38,49		2,691
II вариант							
Подъемник мачтовый до 0,5т	маш.-час	136,1	03112 1	147,42	136,1/8=17,02	2850	0,880
Автомобиль бортовой, грузоподъемностью до 5 т	маш.-час	12,26	40000 1	688,5	12,26/8=1,53	2526	0,417
Итого:					18,55		1,297

Таблица 2 – Эксплуатационные затраты

Вариант	Себестоимость, руб.	Значения норм, %				Сумма затрат, руб.
		Восстановление	Ремонт		Итого	
			Капитальный	Текущий		
I	2221393	2,8	1,15	-	3,95	87745
II	1070283	2,28	0,88	-	3,16	33821

Расчёт приведенных затрат

Определение значений коэффициентов приведения затрат к единичной продолжительности.

Таблица 3 – Расчёт приведённых затрат

Обозначение варианта	Себестоимость, тыс. руб.	Капитальные вложения в ОФ строй организации, тыс. руб.	Ремонтно-эксплуатационные расходы тыс. руб.	Значение коэффициента приведения	Приведенные затраты, тыс. руб.	Ранг варианта по минимуму затрат
I	2221,393	2,691	87,745	1,28	3445,9	2
II	1070,283	1,297	33,821	1	1104,3	1

Продолжительность службы по I варианту – 35 лет, II варианту – 45 лет.

Тогда значения коэффициентов соответственно:

$$k_1 = 45:35 = 1,28 \text{ раз}$$

$$k_2 = 45:45 = 1 \text{ раз}$$

Приведенные затраты по рассматриваемым вариантам определяем по формулам:

$$P_1 = (2221,393 + 0,15 \cdot 2,691) \cdot 1,28 + 87,745 = 3445,9 \text{ тыс. руб.}$$

$$P_2 = (1070,283 + 0,15 \cdot 1,297) \cdot 1 + 33,821 = 1104,3 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект:

$$\Theta = 3445,9 - 1104,3 = 2341,6 \text{ тыс. руб.}$$

Для проектирования принимается II вариант сравнения - вентилируемая фасадная система «А-бонд», как наиболее экономически выгодный.

Список литературы

1. Федеральный закон № 181-ФЗ, ст. 15 «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации».
2. Рекомендации по проектированию окружающей среды зданий и сооружений с учетом потребностей инвалидов и других маломобильных групп населения. Выпуск 14. «Общественные здания и сооружения. Кинотеатры, клубы, библиотеки, музеи». М.: Госстрой России, 1997.
3. ВСН 62-91 «Проектирование среды жизнедеятельности с учетом потребности инвалидов и маломобильных групп населения».
4. e-mail: info96@avangard-torg.ru Вентилируемая фасадная система «Олис».
5. e-mail: info@ibfm.ru Вентилируемая фасадная система «А-бонд».

Е.А. Бердников, студент
Н.Г. Русинова, старший преподаватель
Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ЦЕЛЬЮ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В работе проводится обоснование модернизации котельной нефтехимического предприятия. Показано, что срок окупаемости составляет 1,9 года.

In this paper we study the modernization of boiler petrochemical enterprise. It is shown that the payback period is 1.9 years.

Ключевые слова: модернизация, питательные насосы, вентиляторы, дымососы, теплогенераторы, тепловая схема котельной, преобразователи частот.

Keywords: modernization, feed pumps, fans, exhaust fans, heat generators, heat boiler circuit, frequency converters.

Объектом модернизации является котельная. Котельная расположена в существующем здании, в осях А – Д 1 – 17 с размерами 24 × 90,6 м. Высота основного здания 23,5 м. Согласно ФЗ-261 от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1] и собственной политикой предприятия разработан проект модернизации котельной. По проекту предусмотрена замена физически и морально устаревших питательных насосов марки ЦНСГ-60-264 на более экономичные вертикальные насосы KSB типа Multitec марки V 65/6-5.1 22.81 и установка частотных преобразователей на электродвигатели питательных насосов, вентиляторов и дымососов котлов марки Е-50-1.4-225ГМ. Данные мероприятия позволят обеспечить безопасные и более комфортные условия труда, экономии электроэнергии, снизить износ подшипников двигателя и насоса, а также крыльчатки за счет плавного изменения числа оборотов. Отсутствие больших пусковых токов, позволит увеличить межремонтный период.

Котельная предприятия предназначена для выработки пара с давлением 1,4 МПа и температурой 225°С. К основному оборудованию относятся:

- Котел Е-50-1.4-225ГМ – 4 шт.
- Питательный насос ЦНСГ 60-264 – 6 шт.

- Сепаратор газа
- Теплообменник умягченной воды
- Теплообменник природного и сухого газа
- ЦВД – 200
- Дымососы
- Вентиляторы

Снабжение котельной газом предусмотрено от наружных сетей высокого давления $P=0,4$ МПа [2]. Природный газ поступает с ГРП по линии природного газа в сепаратор О-2, сухой газ поступает с ЦГФУ (центральная газодиффузионная установка) в линию природного газа перед Т-1 и подается в сепаратор О-2, абгаз подается с ИФ-2,3 в сепаратор, далее смесь газов подается на горелки котлов. Состав газа представлен в табл. Для снижения давления газа $P = 0,4$ МПа до $P = 0,1$ МПа перед каждым котлом установлен регулирующий клапан Flowserve Max Flo 3 (Ду80 Ру40).

Состав газов для котельной

	Природный газ	Сухой газ	Абгаз
Метан,%	92,8	11,59	17,78
Этан,%	2,8	62,73	2,4
Пропан,%	0,9	25,58	16,13
Бутан,%	0,4	-	0,09
Пентан,%	0,1	-	-
Пропилен,%	-	0,07	13,44
Изобутан,%	-	0,03	1,22
Водород,%	-	-	13,62
Азот,%	-	-	26,75
Углекислый газ,%	-	-	1,91
Изобутилен,%	-	-	0,81
Бутилен,%	-	-	0,08
Низшая теплота сгорания, ккал	8730	15148	4110

Описание тепловой схемы котельной

Перегретый пар из котлов поступает в общую паровую магистраль котельной с давлением 1,1 МПа и далее к потребителям. Часть пара идет на собственные нужды котельной:

- через паропровод с давлением пара 0,6 МПа для обогрева сепаратора, теплообменника Т-1 и теплоспутников на наружной установке, образовавшийся конденсат собирается в общий коллектор и поступает в деаэрационные баки Е – 9;

- через паропровод с давлением 0,12 МПа пар поступает на центробежно-вихревой деаэратор (ЦВД), находящийся на наружной установке;
- через паропроводом с давлением 0,16 МПа пар поступает в деаэрационные баки на барботаж.

Конденсат от потребителей возвращается в емкости Е 41 на отделении ИФ-8 откуда насосами Н41 подается через клапанную сборку в ЦВД.

Умягченная вода подается по трубопроводам с отделения химводоочистки (ХВО) с температурой до 40°C в теплообменник Т-3 подогревается и подается в теплообменник Т-10, а затем подается в ЦВД.

В ЦВД из воды удаляются растворенные в ней агрессивные газы CO_2 и O_2 , которые по паропроводу выпаров поступают в теплообменник Т-10, охлаждаются и образовавшийся конденсат поступает в деаэрационные баки Е 9, а оставшийся пар удаляется в атмосферу. Из деаэрационных баков питательная вода с температурой 102-105°C поступает на питательные насосы. А затем подается в котлы.

Непрерывная продувка осуществляется с выносных циклонов котла, собираясь в общий коллектор подается на теплообменник Т-3, после в гидрозатвор, заглубленную емкость Е – 15 и из нее поступает в колодец.

Расчет и подбор питательных насосов

Питательные насосы выбираются по полной производительности и полному напору. В соответствии со СП 89.13330.2012 «Котельные установки» [3] при определении производительности следует учитывать расход на питание всех паровых котлов и на непрерывную продувку котлов, для котлов с давлением пара до 1.4МПа она составляет от 0.5 до 10% от производительности котла. Так как схема питательной воды не изменяется, то подбор питательного насоса можно осуществить по имеющимся параметрам установленных насосов, т.е. необходимый напор 264 м.в.ст. и производительность 60 м³/ч. При выборе основными критериями являлись шум и КПД питательного насоса.

Расчет производительности питательного насоса.

$$Q_{п.н.} = 1,1D$$

где 1,1 – коэффициент запаса по паропроизводительности; D – максимальная производительность котельной.

$$Q_{п.н.} = 1,1 * 200 = 220 \text{ т/ч}$$

Напор который должен обеспечить питательный насос определяется по формуле:

$$H_{п.н.} = 1,15(P_6 - P_d) + H_c + H_r$$

где 1,15 – коэффициент запаса по напору; P_6 – избыточное давление в барабане котла, м.в.ст.; P_d – избыточное давление в деаэраторе котла, м.в.ст.; H_r – перепад давления, м; H_c – суммарное сопротивление всасывающего и напорного трактов питательной воды, м

$$H_{п.н.} = 1,15 \cdot (140 - 12) + 93 + 1,5 = 241,7 \text{ м.}$$

Необходимая производительность насосов составляет 220 т/ч. По каталогу подбирается насос с напором 264 м.в.ст. К установке принимаем 6 питательных насосов KSB Multitec V65/6-5.1 22.81, два из которых резервные. [5] Преимущества таких насосов:

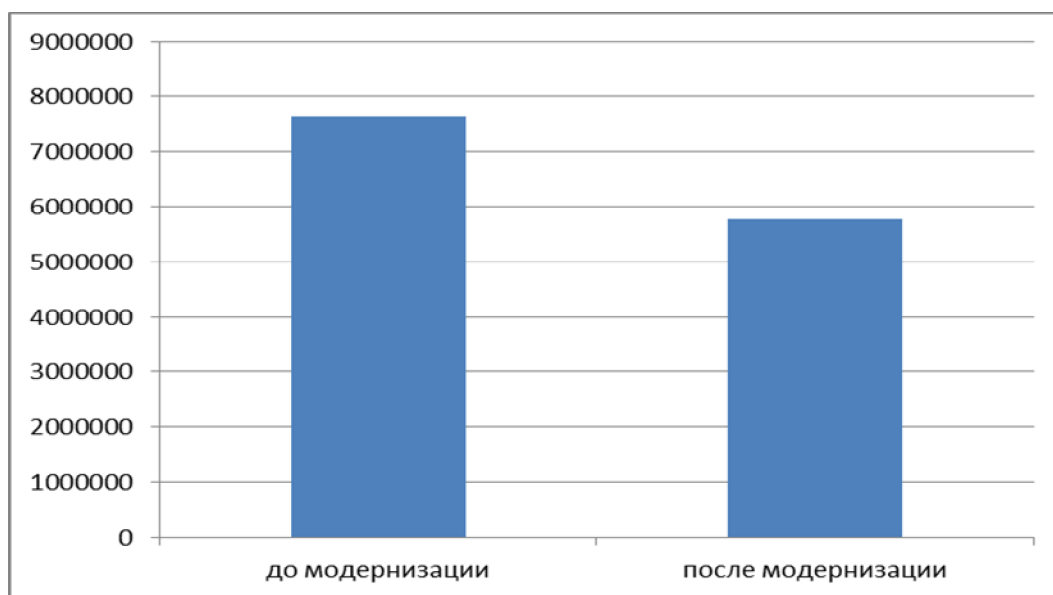
- высокий КПД;
- сокращение эксплуатационных расходов;
- неохлаждаемый сальник;
- простая и быстрая замена уплотнения вала;
- высокий срок службы подшипников качения и уплотнения вала;
- рассчитан на пуско/остановочные режимы

Также для обеспечения плавного пуска и осуществления контроля по давлению в питательном трубопроводе необходимо установить преобразователи частоты. Преобразователи частоты имеют свои преимущества, а именно:

- плавное регулирование скорости вращения электродвигателя позволяет в большинстве случаев отказаться от использования редукторов, вариаторов, дросселей и другой регулирующей аппаратуры, повышает ее надежность и снижает эксплуатационные расходы;
- частотный пуск управляемого двигателя обеспечивает его плавный без повышенных пусковых токов и механических ударов разгон, что снижает нагрузку на двигатель и связанные с ним передаточные механизмы, увеличивает срок их эксплуатации;
- встроенный микропроцессорный ПИД-регулятор позволяет реализовать системы регулирования скорости управляемых двигателей и связанных с ним технологических процессов;
- применение обратной связи системы с частотным преобразователем обеспечивает качественное поддержание скорости двигателя или регулируемого технологического параметра при переменных нагрузках и других возмущающих воздействиях;
- экономия электроэнергии при использовании регулируемого электропривода для насосов в среднем составляет 25 - 75 % от мощности, потребляемой насосами при дроссельном регулировании.

Для увеличения энергоэффективности необходимо установить частотно-регулирующие преобразователи на электродвигатели вентиляторов и дымососов котлов. В данный момент в котельной для регулировки рабочих параметров котла по давлению воздуха перед горелкой и разрежение в топке котла используется МЭО (механизм электрический однооборотный). Электродвигатель работает на полную мощность, выдавая постоянно максимальные обороты, а регулирование параметров осуществляется за счет изменения проходного сечения шиберов. При установке частотно-регулируемого преобразователя во время работы котла шибер на вентиляторе и на дымососе котла будут открыты полностью, а регулирование параметров будет осуществляться за счет оборотов электродвигателя.

Подбор осуществляется по мощности электродвигателя. Сравнив функционал и стоимость нескольких производителей, принимаются 3 преобразователя частоты Delta VFD-750CP43E-21 для питательных насосов и 8 преобразователей Delta VFD-1320CP43E-21 для дымососов и вентиляторов котлов [6].



Затраты на электроэнергию до модернизации и после

Расчет срока окупаемости проекта

По данным взятым из каталогов фирм производителей оборудования рассчитаем общие затраты на покупку нового оборудования.

Стоимость одного питательного насоса KSB Multitec V65/6 – 5 122.81. составляет 990000 руб., соответственно для покупки 6 насосов потребуется 5940000 руб.,

стоимость преобразователей частоты Delta серия VFD750CP43B-21 составляет 264000 руб., для покупки 3 штук потребуется 792000 руб., стоимость преобразователя частоты Delta VFD-1320CP43E-21 – 343000 руб., для покупки 8 штук потребуется 2744000 руб.

Общие затраты на модернизацию составят:

$$K = 5940000 + 792000 + 2744000 = 9476000 \text{ руб.}$$

где K – капитальные затраты.

Срок окупаемости проекта:

$$T_{\text{ок}} = K/P,$$

где $T_{\text{ок}}$ – срок окупаемости, год; K – капитальные затраты, руб.; P – общая прибыль, руб.

$$T_{\text{ок}} = 9476000 / 4992969,6 = 1,9 \text{ год}$$

Сравнив затраты на электроэнергию до модернизации и после, в результате расчета срок окупаемости составил 1,9 года.

Список литературы

1. ФЗ-261 от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
2. СП 62.13330.2011 «СНиП 41-02-2003 Газораспределительные системы».
3. СП 89.13330.2012 «СНиП II-35-76 Котельные установки».
4. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация / Б.А. Соколов. 2-е изд., испр. М.: Издательский центр "Академия", 2007. 432 с.
5. <http://www.ksb.com/ksb-ru>
6. <http://www.delta-electronics.info>

И.В. Газетдинов, магистрант

Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

СТАНЦИЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ В ПОСЕЛКЕ ИГРА

В работе даются основные решения по проектированию станции сотовой связи в поселке Игра: проектные решения, технологические решения и решения по подбору оборудования.

The paper provides basic solutions for the design of cellular communication in the station of village Igra: design solutions, technology solutions and decisions on the selection of equipment.

Ключевые слова: строительство, сотовая связь, станция, электрооборудование.

Keywords: construction, cellular communications, station, electrical equipment.

Оборудование базовой станции сотовой связи № 119 размещается в контейнере-аппаратной, устанавливаемой на территории расположенной по адресу: Удмуртская Республика, Игринский район, пос. Игра, ул. Чайковского, д. 9.

Состав оборудования:

- одна радиотехническая стойка BS-240 производства фирмы "Siemens" в диапазоне GSM-900;
- одна радиотехническая стойка BS-240 производства фирмы "Siemens" в диапазоне DCS-1800;
- кросс LSA-PLUS фирмы "Krone";
- стойка питания POWER ONE-1200 с аккумуляторными батареями;
- радиорелейное оборудование Mini-Link 15E;
- три радиотелефонных антенны ANDREW DBXLH-6565B-VTM;
- вспомогательное оборудование.

Площадь аппаратной составляет $S = 5,0 \text{ м}^2$, высота помещения $h = 2,5 \text{ м}$.

Все антенны радиотелефонной связи (РТФ) типа ANDREW DBXLH-6565B-VTM с секторной диаграммой и антенна РРС устанавливаются на проектируемых металлоконструкциях, закрепляемых на существующей световой опоре на отметке +27,700 м (относительно уровня земли). Антенна РРЛ внешнего блока типа RAU – E15 устанавливается на отметке +24,000 м (относительно уровня земли).

Азимуты направленности антенн и углы наклона секторных антенн:

- 1 сектор GSM\DCS: W4 (Tx1/Rx1) – 40°, минус 4°, минус 3° ;

- 2 сектор GSM\DCS: W5 (Tx1/Rx1) – 160°, минус 3°, минус 3°;
- 3 сектор GSM\DCS: W6 (Tx1/Rx1) – 280°, минус 3°, минус 3°;
- азимут направленности основного луча антенны РРС определяется проектом по ответной части трансмиссии внутризональных потоков.

В аппаратной используется существующее основное и аварийное освещение.

В помещении аппаратной предусматривается устройство пожарной и охранной сигнализации, а также сигнализации климат контроля с выводом сигнала на MSC и на оповещатель комбинированный "БИЯ-С", устанавливаемый на внешней стене аппаратной.

Защита от заноса высокого потенциала в помещение аппаратной по антенным фидерам выполняется в соответствии с "Инструкцией по проектированию молниезащиты радиообъектов" ВСН-1-93 Минсвязи России путём заземления антенно-фидерных устройств.

В соответствии с НБП 105-03 и РД 45.162-2001 "Ведомственные нормы технологического проектирования комплекса сетей сотовой и спутниковой подвижной связи общего пользования" помещение аппаратной БС по взрывопожарной и пожарной опасности относится к помещению категории "В4". В аппаратной на кабель росте устанавливаются грозоразрядники типа EMPP-0822.

Экраны коаксиальных высокочастотных кабелей соединяются заземляющими комплектами с существующей молниезащитой мачты (сварным кабель-роста).

Опорные металлоконструкции проектируемых трубостоек заземляются с помощью стальной полосы 25×4 сваркой с проектируемым контуром молниезащиты, длина сварного шва – 100 мм.

На опоре устанавливается штырь молниеприемника длиной 1,0 м. После монтажа антенн и коаксиальных кабелей следует провести герметизацию всех разъёмных соединений с помощью комплекта герметизирующих материалов по методике, указанной в его описании.

Все сварные соединения металлоконструкций крепления антенн необходимо очистить металлической щёткой от флюса, загрунтовать грунтом ГФ-021 и окрасить в два слоя пентафталевой краской ПФ-115.

После монтажа кабелей пространство между кабелями в кабельных вводах в аппаратную заполняется трудногорючим герметиком.

Учитывая, что базовая станция постоянно не обслуживается, необходимо проводить не реже одного раза в год детальный осмотр металлоконструкций антенн, кабельных трактов и проведение других работ, предусмотренных "Инструкцией по эксплуатации антенных сооружений радиорелейных линий связи", утверждённой Министерством связи СССР 14.01.80 г., регламентирующей планово-профилактическое обслуживание на необслуживаемых станциях (раздел 3, пункт 3.4).

Технологические решения

Схема организации связи. Проектируемая базовая станция сотовой связи цифровой сотовой радиотелефонной связи является дополнением к действующей сети ЗАО "РП Технологии" ("Теле-2") радиоподсистемы совмещенных сетей подвижной связи стандартов GSM-900/1800 в Удмуртской Республике.

Совмещенная сеть подвижной сотовой радиотелефонной связи стандартов GSM-900/1800 обеспечивает установление входящих и исходящих соединений своих абонентов, как между собой, так и с абонентами стационарных телефонных сетей (местных, внутризональных, междугородной и международной) при нахождении и перемещении абонентов сети в пределах обслуживаемой базовой станции территории (включая национальный и международный роуминг).

Подсистема базовых станций состоит из базовых приёмо-передающих станций (BTS) и контроллеров базовых станций (BSC). Базовая станция обеспечивает физический интерфейс между мобильными станциями (MS) и контроллерами (BSC). Контроллер управляет несколькими BTS и контролирует соединение между BTS и региональным центром коммутации подвижной радиосвязи (MSC). Центр коммутации подвижной радиосвязи (MSC) выполняет функции коммутации для организации связи подвижных абонентов между собой, с сетью стационарных абонентов ТФОП, с мобильными абонентами других стандартов. Взаимодействие MSC различных регионов России обеспечивают транзитные узлы (GMTX).

При проектировании базовых станций (БС) учитывается общая монтируемая ёмкость сети с распределением ёмкости между станциями MSC/HLR центра коммутации подвижной связи в Удмуртской Республике.

Базовая станция сотовой связи подключается к MSC и способна обеспечить работу до 30 каналов (28 информационных и 2 служебных) во всех секторах стандарта GSM-900.

Центр коммутации подвижной связи в регионе, обслуживаемый транзитным узлом коммутации Центрального региона (GMTX I). Ёмкость сети гарантируется Заказчиком.

В соответствии с "Генеральной схемой создания и поэтапного развития Федеральной сети подвижной радиотелефонной связи общего пользования России стандарта GSM" для мобильных абонентов (MS) обеспечиваются следующие виды соединений:

- между MS своей зоны – через свои MSC;
- между MS разных зон одной территории GMTX – по маршруту: свой MSC – GMTX I – MSC другой зоны;
- между MS разных зон разных территории GMTX – по маршруту: свой

MSC – GMTX 1 – GMTX (n) – MSC;

- между MS и абонентами ТФОП своей зоны – по маршруту: свой MSC – зональная АМТС – местные телефонные сети;
- между MS и абонентами ТФОП другой зоны – по маршруту: свой MSC – GMTX 1 – GMTX (n) – MSC – АМТС – РАТС (ЦС);
- между MS и абонентами за рубежом – по маршруту: свой MSC – GMTX 1 – МЦК (МНТС).

Соединение между приемопередающим оборудованием БС сотовой связи и центром коммутации подвижной радиосвязи MSC осуществляется по арендуемой линии и по существующим линиям.

Этот вариант предполагает возможность организации междугородней и международной связи для абонентов сети путём использования:

- транзитных коммуникационных сетей;
- междугородней сети ТФОП.

Место расположения БС сотовой связи выбрано из следующих соображений:

- частотно-территориальный план развития сотовой системы подвижной радиотелефонной связи совмещенной сети GSM-900/1800 в Удмуртской Республике;
- возможность установки контейнера-аппаратной на территории предприятия;
- возможности установки АФУ на существующей световой опоре;
- возможность организации линии передачи трансмиссионных внутризональных потоков;
- возможность подключения к существующему источнику электроснабжения.

В соответствии с заданием на проектирование, БС сотовой связи имеет конфигурацию: три сектора с двумя несущими в каждом секторе стандарта DCS-1800, что позволяет обеспечить пропускную способность базовой станции 18,000 Эрл. Таким образом, монтируемая емкость БС (при нагрузке на одного абонента 0,02 Эрл) составляет 1630 абонентов.

Для проектируемой базовой станции используются антенны с секторной диаграммой направленности в горизонтальной плоскости, что позволяет не только увеличить канальную ёмкость, но и обеспечить зону обслуживания с наибольшим числом абонентов.

Ожидаемая зона радиопокрытия. Расчет вероятной (ожидаемой) зоны радиопокрытия производится по показателям распространения радиоволн, которое учитывает потери в пространстве, потери при огибании местных предметов (холмов со средней растительностью), головы человека при разговоре, потери в дождях, в двух усредненных типах застройки, типового легкового автомобиля с поверхностью остекления обращенной в сторону БС – 0,8 м², автомобиля с внешней антен-

ной на крыше с усилением 5,5 дБ, а также типовую чувствительность сотового телефона не менее минус 102 дБм.

Для проектируемой БС усредненные ожидаемые зоны радиопокрытия для случаев использования носимых абонентских радиотелефонов составляют 2,75 км для DCS-1800.

Решения по инженерному оборудованию

Электрооборудование силовое. Внешнее электроснабжение потребителей базовой станции сотовой связи напряжением 380/220В, 50Гц с глухо-заземленной нейтралью, предусматривается (по согласованию с Арендодателем и в соответствии с техническими условиями на подключение) в соответствии с решениями, принятыми маркой ЭМ настоящего проекта.

Установленная мощность потребителей базовой станции с учетом перспективы развития составляет не более 7 кВт. Необходимый резерв мощности на объекте имеется.

В качестве вводно-распределительного устройства принят щит ВРЩ, с 12 однофазными линейными автоматическими выключателями автоматами и встроенной розеткой для приборов КИП.

Схема принципиальная электроснабжения и таблица электрических нагрузок приведены в томе ЭС.

Распределительная сеть выполняется кабелем ВВГ НГ и проводом ПВЗ. Выбор сечения кабелей произведён в соответствии с максимально возможными длительными токами нагрузок.

Для повышения надёжности электроснабжения питание радиотехнического оборудования осуществляется от устройства бесперебойного питания POWER ONE-1200, предназначенного для электропитания аппаратуры связи в буфере с двумя группами аккумуляторных батарей номинальным напряжением 48 В и емкостью 110 А·ч каждая. Мощность потребителей, подключаемых к POWER ONE-1200, равна 2,5 кВт (с учетом перспективы развития станции). Ёмкость аккумуляторных батарей обеспечивает время поддержки 8,0 ч, что соответствует Техническому заданию. При среднем потреблении стоек BS-240 равном 8-10 А время работы составляет не менее 14 часов

Электроприемники охранно-пожарной сигнализации ОПС получают электропитание по I категории электроснабжения.

Резервное питание ОПС предусмотрено от аккумуляторной батареи напряжением 12 В и емкостью 7 А·ч., которая встроена в приемно-контрольный охранно-пожарный прибор «Гранит-4», предусмотренный маркой ОС. При пропадании основного (сетевого) питания 220 В системы охранно-пожарной сигнализации БС

осуществляется автоматический переход на резервное (аккумуляторное) питание 12 В (время поддержки в дежурном режиме – 24 часа).

Для указанных аккумуляторов рекомендуется установка устройств естественной вентиляции помещения.

В целях обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и нормальной работы оборудования, все металлические нетоковедущие части оборудования, металлоконструкции, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции, должны быть занулены (заземлены). Для зануления (заземления) используется отдельная жила питающего кабеля и дополнительные заземляющие провода. Для молниезащитного заземления используется проектируемый контур опор. Заземление элементов АФУ производится на существующий контур молниезащиты. Сварной кабель-ростверк подключается к молниезащите.

Электроосвещение. В помещении аппаратной базовой станции предусматриваются следующие виды освещения:

- рабочее освещение напряжением 220 В переменного тока;
- аварийное освещение от сети –48 В.

В соответствии с требованиями РД 45.162-2001, СНиП 23-05-95 нормируемая освещенность в аппаратной (для рабочего освещения при газоразрядных лампах) составляет 200 лк. Для обеспечения данной освещенности приняты к установке в помещении аппаратной два двухламповых светильника ЛСП 2×40.

Штепсельные соединения приняты с заземляющим контактом.

Групповые сети электроосвещения выполняются кабелем ВВГ (нг), прокладываемым в электротехнических коробах.

Охранно-пожарная и телеметрическая сигнализация. В соответствии с НПБ 105-03 и РД45.162-2001 помещение аппаратной БС по пожарной опасности относится к помещению категории "В4".

В соответствии с техническим заданием в помещении аппаратной БС сотовой связи предусматривается устройство охранно-пожарной (ОПС) и телеметрической (ТС) сигнализации.

ОПС реализуется на базе четырех-шлейфного приёмно-контрольного охранно-пожарного прибора типа ППКОП "Гранит-4", пожарных и охранных извещателей. Два шлейфа обеспечивает пожарную, другие два охранную сигнализацию. ППКОП устанавливается на стене в аппаратной. Пожарный шлейф выполняется путём установки двух дымовых извещателей типа ИП212-3СМ со встроенным устройством контроля шлейфа и ручного пожарного извещателя. Питание на них подаётся с ППКОП. Дымовые извещатели крепятся к потолку

аппаратной с помощью комплектных крепежных элементов. Ручной пожарный извещатель устанавливается рядом с дверью на высоте 1500 мм от пола.

Охранный шлейф реализуется путём установки магнитоcontactного датчика типа ИО-102-20 (для металлических дверей), реагирующего на открывание двери. Сигнализатор устанавливается в дверном проеме наружной двери аппаратной и пассивного оптоэлектронного датчика на движение.

Для обеспечения сигнализации о нарушении температурного режима в помещении аппаратной применяются термоконтракторы типа Imit TA2n с контролем недопустимого снижения и повышения температуры с установкой датчиков на 15°C и 30°C соответственно.

Передача извещений о пожаре, несанкционированном проникновении и нарушении температурного режима производится на центр коммутации подвижной связи (MSC) путем подключения сигнальных шлейфов к кроссу. Кроме этого, передача извещений о пожаре и несанкционированном проникновении осуществляется на оповещатель комбинированный "БИЯ-С", устанавливаемый на внешней стене аппаратной. При поступлении по служебному радиоканалу на центр коммутации подвижной связи (MSC) сигнала «Пожар» или «Охрана» дежурный персонал в соответствии с инструкцией вызывает соответствующую службу (пожарную команду, милицию), связывается по телефонной связи с территориальным отделом администрации и направляет на базовую станцию бригаду ремонтно-обслуживающего персонала.

Все работы по устройству сигнализации выполняются в соответствии с требованиями и с соблюдением правил техники безопасности.

Список литературы

1. Ведомственные нормы технологического проектирования, комплексы сетей сотовой и спутниковой подвижной связи общего пользования. «Институт сотовой связи» РД 45.162-2001. М., 2001,
2. «Правила ввода в эксплуатацию сооружений связи», утвержденные приказом Министерства РФ по связи и информатизации от «09» сентября 2002 г. №113
3. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 "Гигиенические требования по размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи"
4. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов" (зарегистрирован в Минюсте РФ 18.06.03 №4710).
5. НПБ 88-2001 "Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования"
6. РД 78.145-93 "Системы и комплексы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Правила производства и приемки работ"

С.В. Воробьев, студент

Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

ПРОИЗВОДСТВО ЛИЦЕВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ

В работе описана перспективная технология производства лицевого кирпича путем полусухого прессования.

The article describes a promising technology for the production of facing bricks by dry pressing.

Ключевые слова: кирпич, технология, прессование.

Keywords: brick, technology, pressing.

В зависимости от способа формования различают кирпич пластического формования и полусухого прессования. Методом пластического формования кирпич получают из массы с высоким (до 20%) содержанием влаги путем выдавливанием на ленточных прессах (экструдерах) в виде непрерывного бруса, нарезаемого на кирпичи. Разрезка идет по плоскости постели. Перед обжигом кирпич-сырец сушат, при этом размеры кирпича уменьшаются на 5-10% вследствие усадки, вызываемой испарением воды.

При производстве кирпича методом полусухого прессования кирпичи поштучно прессуются из сыпучей глиняной массы (влажностью менее 10%). Для снижения массы кирпич полусухого прессования всегда делают с пустотами. Отличительной чертой кирпича полусухого прессования является коническая форма пустот, обычно несквозных. Такой кирпич строители называют «пятистенным».

За счет малой начальной влажности и поштучного формования кирпич полусухого прессования имеет более правильную форму и размеры, но строение его черепка такого, что морозостойкость у него ниже, чем у кирпича пластического формования.

До недавнего времени основное количество кирпича производилось методом пластического формования. К недостаткам этого метода необходимо отнести то, что отформованный кирпич нуждается в сушке. А для получения качественной поверхности кирпича процесс сушки должен проходить медленно. В результате сушка занимает от 3-х дней до нескольких недель, и, несмотря на то, что многие заводы

вводят в глину целый комплекс элементов для уменьшения растрескивания кирпича в процессе сушки (такие как шамот, опилки, уголь, сланец и др.), все равно добиться того, чтобы кирпич не растрескивался, удается не многим.

При новом строительстве завод полусухого формования занимает в 1,5-2 раза меньшую площадь, чем аналогичный пластического формования, и его строительство обходится в 2~2,5 раза дешевле. Себестоимость кирпича, отформованного по полусухой технологии, на 25-40% ниже себестоимости кирпича пластического формования.

В настоящее время нет ни одного проекта строительства кирпичного завода пластического формования на базе отечественного оборудования. Ни головная организация - ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова, ни бывший «ГИПРОСТРОМ» не смогли создать такие проекты. Только иномфирмы готовы поставлять нам комплексные линии. Стоимость такой линии составляет \$10-12 млн. Если добавить к этой сумме амортизационные отчисления плюс плату за фонды, то себестоимость кирпича, производимого на импортном оборудовании, будет весьма высокой. Существенным недостатком метода пластического формования является и то, что для получения качественного кирпича глину необходимо хорошо переработать, высушить сырец при продолжительных сроках сушки, что требует больших топливно-энергетических затрат. Поэтому большинство отечественных предприятий использует минимальный комплект перерабатывающего оборудования, а остаточная влажность сырца далеко превышает допустимые пределы.

Метод предусматривает подсушку глины в сушильном барабане в течение 10-15 мин, после чего глина измельчается дробилкой в порошок фракции 0,5-5 мм и формуется в кирпич коленно-рычажными прессами. Поскольку формование происходит при влажности порошка 8-10%, то отформованный кирпич-сырец подается сразу после формовки в туннельные сушила или непосредственно в печь. Преимуществом традиционного полусухого способа производства является отсутствие перекладки кирпича-сырца с сушильной на печную вагонетку, а также возможность использовать как обычные глинистые породы, в том числе с карбонатными включениями, так и плотные трудноразмокаемые. Среди его недостатков – невозможность производства эффективных и высокопустотных изделий, запыленность производственных помещений, низкая производительность прессов полусухого прессования. К достоинствам этого метода можно отнести следующее. Не требуется затрат на энергоносители для сушки и ввода в глину добавок для улучшения сушильных свойств кирпича. Соответственно, технологическое оборудование более простое и потребляет значительно меньше электроэнергии, чем на заводе пластического формования. Одновременно снижаются затраты на строительство завода, так как оборудование для полусухого прессования стоит дешевле, размеры здания значи-

тельно меньше, отсутствует отделение для сушки кирпича, которое обычно занимает довольно большую площадь.

В 1995 г. были начаты научно-исследовательские работы по изучению глинистого сырья Себряковского месторождения на предмет возможности получения из него керамического кирпича (карьер сырья находится в 3-х км от комбината). В результате исследований, проведенных во ВНИИСтроме, было установлено, что пластическим способом формования получить качественный керамический кирпич из этого сырья практически невозможно. Вместе с тем, используя последние достижения научных исследований ВНИИСтрома по полусухому способу формования сырца, удалось получить керамический лицевой кирпич марки 125-250 с морозостойкостью не менее 50 циклов.

Отличие технологии полусухого прессования от традиционной пластического формования заключается в упрощенной схеме приготовления сырьевой смеси. Кроме того, оборудование для оснащения линии подготовки пресспорошка менее энерго- и металлоемко. Полусухое прессование облегчает одну из наиболее сложных и длительных стадий технологического процесса – сушку. Получаемый кирпич имеет более четкие грани и углы, что позволяет использовать его как лицевой материал. Кирпич по своим качественным показателям не уступает традиционному керамическому кирпичу пластического формования. После разработки технологического регламента были начаты работы по проектированию завода керамического кирпича полусухим способом прессования для Себряковского комбината асбестоцементных изделий.

Для регулирования влажности теплоносителя, независимо от времени года, был разработан способ его увлажнения. Суть метода заключается в том, что в воздухопровод отбора теплоносителя из зоны охлаждения тоннельной печи подается в необходимом количестве вода. Ввиду того, что температура в воздухопроводе превышает 250°C, происходит интенсивное испарение воды, и как следствие, влажность теплоносителя, подаваемого в сушилки, повышается до необходимых значений. Количество подаваемой в воздухопровод воды регулируется специально разработанной системой.

Установлено, что для исключения образования трещин на сырце в начальный период сушки относительная влажность подаваемого в сушилки теплоносителя, должна находиться в пределах 70-75%, а его температура на позициях входа сырца в сушилки не должна превышать температуру сырца на 5-7°C. Керамический кирпич получают путем приготовления пресспорошка заданного зернового состава с влажностью 7,5-7,8%, прессования сырца на прессах СМК-1085Б при удельном давлении не менее 20 МПа, сушки и обжига сырца.

Особенности разработанной технологии полусухого прессования заключаются в следующем. На специально сконструированном комплексе на базе прессы СМ К-506 предусмотрен метод грануляции – как один из эффективных вариантов подготовки рыхлого глинистого сырья к сушке. Гранулирование исходного сырья перед сушильным барабаном обеспечивает улучшение условий сушки, снижение потерь с выносами (унос пыли), повышение однородности по химическому и минеральному составам глинистого сырья, размерам и влажности кусков, что в конечном счете способствует существенному повышению качества кирпича. С целью обеспечения возможности автоматизации процесса сушки гранул и снижения удельных норм расхода газа также впервые на сушильном барабане была установлена специальная топка, разработанная по конверсии фирмой «ЭНЕРГОБУМПРОМ». В технологическую схему приготовления пресспорошка введена стадия механической активации массы в стержневом смесителе конструкции ВНИИСтрома.

Смеситель не только удовлетворительно гомогенизирует массу, но и обеспечивает уплотнение и частичную грануляцию порошковых масс. Последнее улучшает сыпучесть порошка и заполнение пресс-форм, облегчая прессование и получение качественных изделий. Разработанная конструкция оснастки для прессования сырца со сквозными пустотами улучшает структуру и повышает морозостойкость кирпича.

Все технологические переделы, начиная от подачи глины в ящичные питатели и до выхода готового кирпича из тоннельной печи, полностью механизированы и автоматизированы. Система механизации и автоматизации технологических процессов разработана ОАО «ВНИИСтром им. П.П. Будникова» и СКБ «СТРОММАШ».

В ноябре 2000 г. на ОАО «СКАИ» введен в эксплуатацию еще один аналогичный цех. В настоящее время они аналогов ни в России, ни за рубежом пока не имеют.

Основным изготовителем и поставщиком оборудования, в том числе и нестандартного, является Могилевский завод «СТРОММАШИНА».

Капитальные вложения для строительства технологической линии – 3,5 млн. USD, что в 3-4 раза ниже стоимости зарубежных линий аналогичной мощности.

Сегодня каждый руководитель завода пластического формования стоит перед выбором. Или же пытаться производить более-менее качественный кирпич. А для этого требуется увеличить срок сушки кирпича и увеличить количество добавок в шихте. Первое увеличивает потребление энергоносителей в 1,5-2 раза, второе тоже приводит к удорожанию готового кирпича, поскольку любая добавка стоит значительно дороже глины. Или же производить более дешевый, но низкокачественный кирпич. Вторым недостатком метода пластического формования является то, что для получения качественного кирпича глину необходимо качественно переработать, что требует больших затрат на электроэнергию. Поэтому большинство отече-

ственных предприятий использует минимальный комплект перерабатывающего оборудования, что отнюдь не способствует качеству выпускаемого кирпича.

Другим способом производства кирпича является метод полусухого формования. Данный метод распространен в Ростовской области и Краснодарском крае, где практически половина крупных кирпичных заводов работают по этой технологии. Заводы по производству кирпича полусухим методом также работают в Белгородской, Воронежской, Нижегородской, Московской областях и на Урале.

Сравнительные анализы работы кирпичных заводов показывают, что себестоимость кирпича при полусухом методе в 2 раза ниже, что позволяет в современных условиях стабильно получать высокую прибыль.

В отношении нового строительства отметим, что завод полусухого формования занимает в 2 раза меньшую площадь, чем аналогичный завод пластического формования, и его строительство обходится в 2-2,5 раза дешевле.

Список литературы

1. *Кондратенко В.А.* Основные принципы получения высококачественного керамического кирпича полусухим способом прессования // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.* 2005. № 8.
2. *Кашкаев И.С., Шайнман Е.Ш.* Производство глиняного кирпича. М.: Высшая школа, 1978.
3. *Шайнман Е.Ш.* Производство керамических стеновых материалов и черепицы. Сушилки и печи. М., 1994.
4. *Химическая технология керамики и огнеупоров / Под общей редакцией П.П. Будникова и Д.П. Полубояринова.* М., 1972.
5. *Кондратенко В.А., Пешков В.П.* Новая технологическая линия по производству лицевого керамического кирпича полусухого прессования // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.* 2001. №5.
6. *Кондратенко В.А., Пешков В.Н., Следнев Д.В.* Проблемы кирпичного производства и способы их решения // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века.* 2002. № 3.

А.Г. Данчинов, магистрант

Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЖЕВСКОГО ЦУМА

В работе дается описание текущего состояния Ижевского ЦУМа, проанализированы его положительные и отрицательные стороны в свете предстоящей реконструкции.

This paper describes the current state of the Izhevsk CUS, analyzes its positive and negative aspects in the light of the upcoming renovation.

Ключевые слова: строительство, реконструкция, торговый центр.

Keywords: construction, renovation, shopping mall.

История

20 января 1972 года Ижевский ЦУМ распахнул свои двери для первых покупателей. Но этому событию предшествовала шестилетняя эпопея со строительством. Фундамент здания заложили в 1966 г., в год, когда в стране, практически во всех крупных городах, начали открываться крупные торговые центры. Однако, по воспоминаниям бывшего директора ЦУМа В.Ф. Богданова, Москва практически не выделяла строительные лимиты – общежития и жилые дома считались более приоритетными объектами. Поэтому постройка по типовому проекту, рассчитанному на два года, и затянулась на многие годы.

Новый магазин казался жителям Ижевска просто огромным, в нем было четыре грузовых лифта, демонстрационный зал на 500 мест для показа моделей и проведения собраний, просторная столовая, медпункт и даже комната эмоциональной разгрузки, – невиданная по тем временам роскошь.

Одним из первых в Удмуртии ижевский ЦУМ начал работу в режиме супермаркета – свободного доступа покупателей к товару. Магазин был не только самым крупным в Удмуртии, но неизменным лидером социалистических соревнований, внедрявшим в свою работу самый передовой опыт.

В конце 70-х гг. на складской площади за магазином произошел крупный пожар, и позднее на месте пожарища выстроили крытые складские помещения, в настоящее время отданные под торговые павильоны. Поскольку ассортимент продаваемые товаров постоянно увеличивался, в 1980-х гг. вместо широкой центральной

лестницы посередине торговых павильонов, сделали две по бокам, увеличив тем самым пространство торгового зала.

В 2010-х гг. строительная компания «Сайгас» выполнила реконструкцию 3-го этажа ЦУМа – была произведена замена старой лестницы на современный эскалатор. Сейчас планируется надстраивать 4-й этаж и производить реконструкцию фасадов.

Характеристика объекта реконструкции

Торговый центр «ЦУМ» расположен в центральной части культурно-исторической зоны города Ижевска. В непосредственной близости находятся Свято-Михайловский собор, Музейно-выставочный комплекс имени М. Т. Калашникова, отель Park Inn, гостиница «Центральная», Театр оперы и балета, кинотеатры «Россия» и «Ижсталь», Дом правительства УР, Дворец Президента, Летний парк им. М. Горького, набережная ижевского пруда и другие значимые объекты. Юридический адрес – ул. К Маркса, 244. Площадь торговых площадей: 5 510 м². Общая площадь – 11 654 м². Размеры в плане – 58×60 м. Высота 3-го этажа – 2,8 м. Высота 1-го и 2-го этажей – по 4,2 м. Посещаемость: около 5000 тыс. человек в день. Парковка открытая на 150 автомобилей. Этажность: 3 этажа и подвал. Установлен один поэтажный эскалатор, с первого по третий этаж, на подъем.

Арендные площади – 700-1500 м²: 1-й этаж: сувениры, подарки, игрушки; 2-й этаж: одежда и обувь; 3-й этаж: мебельный центр.

Рабочий проект ТЦ запроектирован по каркасной конструктивной системе с системой колонн, связанных ригелем и диафрагмами жесткости и жесткими дисками плит перекрытия, с шагом 6,0 м. Пути эвакуации запроектированы в соответствии со СНиП 21-01-97*. ЦУМ соответствует всем требованиям пожарной безопасности. Ширина коридоров не менее 1,8 м. Ширина марша лестницы ведущей на торговые этажи – более 1,05 м. Имеется 4 эвакуационных выхода. Высота верхнего этажа – менее 28 м от уровня проезда пожарных машин. Лестничная клетка имеет остекленный проем в уровне каждого этажа площадью не менее 1,2 м².

Первоначальным проектом было предусмотрено 3 лифта грузоподъемностью 720, 630 и 420 кг. Габариты лифта и площадок позволяют транспортировать больных на носилках (глубина 2100 мм). Ширина площадки перед лифтом не менее 1,5 м. Ширина проема дверей лифта 900 мм (для удобства передвижения МНГ на инвалидных колясках).

Результаты осмотра и анализ оценочной стоимости

1. Характер окружающего типа землепользования – производственные предприятия.

2. Транспортная доступность – хорошая, к зданию подходит дорога с твердым покрытием

3. Инженерные сети и коммунальное обслуживание – электричество, газ, водопровод, канализация.

4. Социальная инфраструктура района расположения объекта оценки – развитая.

5. Экономическое местоположение – хорошее

6. Экологическое состояние окружающей среды – хорошее

7. Социальная репутация – отличная

Выводы: положительные и отрицательные характеристики и потенциал местоположения, которые могут влиять на стоимость недвижимости. В том числе положительно влияет экономическое положение района (центральный).

Строительные характеристики здания

Конструктивные элементы здания:

- фундамент – бутобетонный;
- состояние удовлетворительное, следов разрушения не обнаружено;
- стены – кирпичные;
- на площади 2–3 м² разрушение наружного слоя облицовочного кирпича.

Кладка удовлетворительного качества;

- перегородки – кирпичные, состояние удовлетворительное;
- перекрытия – железобетонные плиты, состояние удовлетворительное;
- кровля – рулонная, совмещенная, материал – рубероид, следы протечек не обнаружено;

оконные проемы – двойные деревянные, остеклены, состояние удовлетворительное;

дверные проемы – двери металлические снаружи, простые деревянные внутри, ворота металлические с деревянным заполнением, состояние удовлетворительное;

- полы – паркетные, состояние удовлетворительное;
- отделка – уровень отделки повышенный, состояние удовлетворительное;

Инженерное оборудование:

- электроосвещение – электропроводка скрытая;
- вентиляция – приточно-вытяжная;
- канализация – центральная;
- холодное и горячее водоснабжение.

Дополнительные элементы: перед зданием заасфальтированная площадка для автостоянки.

Технические показатели:

- район строительства с расчетной температурой воздуха – 34°С;
- расчетный вес снегового покрова 320 кг/м²;
- нормативное давление ветра 23 кг/м²;
- степень долговечности здания II;
- класс ответственности II;
- класс конструктивной пожарной опасности СО;
- класс функциональной пожарной опасности Ф 1.3.

По данным проведенной оценки банком ВТБ, рыночная стоимость объекта составила 368 млн. 560 тыс. руб. в 2012 г.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

УДК 622.276 + 517.977.56

К.А. Сидельников, кандидат технических наук
Ижевский государственный технический университет
М.А. Сенилов, доктор технических наук, профессор
Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ РАБОТЫ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА МНОЖИТЕЛЕЙ

Предложено использовать генетический алгоритм в качестве прямого метода оптимизации для оптимального управления режимом работы нефтяных скважин в условиях однофазной фильтрации. Для численного моделирования пласта применялась стандартная конечно-разностная аппроксимация. Решалась задача минимизации отклонения от средне-взвешенной остаточной пластовой энергии при условии выполнения плановой добычи нефти.

Authors propose to use the genetic algorithm as direct optimization method for optimal control of petroleum well mode in case of single-phase flow. In this work, a conventional finite-difference approximation is used to describe the reservoir. The objective was minimization of residual reservoir energy provided that planned cumulative oil production is satisfied.

Ключевые слова: оптимальное управление, режим работы скважины, однофазная фильтрация, метод конечных разностей, генетический алгоритм, нелинейное программирование.

Keywords: optimal control, well mode, single-phase flow, finite-difference method, genetic algorithm, nonlinear programming.

Сформулируем задачу оптимизации режимов работы скважин. Для описания процесса двумерной фильтрации слабосжимаемой жидкости в пористой среде используем следующую краевую задачу [1-3]:

$$\begin{aligned}
\nabla \left(h(\mathbf{x}) \mathbf{l}(\mathbf{x}) (\nabla P - \gamma \nabla Z(\mathbf{x})) \right) + h(\mathbf{x}) \sum_{l=1}^L q_l(t) \delta(\mathbf{x} - \mathbf{x}_l) &= h(\mathbf{x}) \beta(\mathbf{x}) \frac{\partial P}{\partial t}, \\
\mathbf{l}(\mathbf{x}) &= \frac{\mathbf{k}(\mathbf{x})}{\mu B}, \quad \beta(\mathbf{x}) = \varphi(\mathbf{x}) \frac{c_\ell}{B^\circ} + \varphi^\circ(\mathbf{x}) \frac{c_\varphi}{B}, \\
\gamma &= \rho g, \quad \mathbf{x} \in \Omega \subset \square^2, \quad t \in (0; T]; \\
P(\mathbf{x}, 0) &= P_0(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in \overline{\Omega}; \quad P(\mathbf{x}, t) \Big|_{\mathbf{x} \in \Gamma_1} = P_{b_1}(t), \\
\frac{\partial P(\mathbf{x}, t)}{\partial \mathbf{n}(\mathbf{x})} \Big|_{\mathbf{x} \in \Gamma_2} &= \frac{\partial P(t)}{\partial \mathbf{n}} \Big|_{b_2}, \\
\int_{\Gamma_3} \mathbf{l}(\mathbf{x}) (\nabla P - \gamma \nabla Z(\mathbf{x})) \cdot \mathbf{n}(\mathbf{x}) d\mathbf{x} &= q_{b_3}(t), \quad t \in (0; T],
\end{aligned} \tag{1}$$

где $P(\mathbf{x}, t)$ – давление в точке $\mathbf{x} = (x_1, x_2) \in \Omega$ в момент времени t ; $\overline{\Omega}$ – область фильтрации с границей $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma_3$; $\overline{\Omega} = \Omega \cup \Gamma$; \mathbf{n} – вектор внешней нормали; $\mathbf{k} = \text{diag}(k_1, k_2)$ – диагональный тензор абсолютной проницаемости; h – мощность пласта; Z – глубина залегания; φ – пористость; μ – вязкость жидкости; c_ℓ , c_φ – коэффициенты сжимаемости жидкости и пористой среды соответственно; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; \mathbf{x}_l – координаты мест размещения l -й скважины с дебитом $q_l(t)$, $l = \overline{1, L}$; L – количество скважин; $\delta(\cdot)$ – обобщенная двумерная функция Дирака; T – период времени планирования; верхний индекс $^\circ$ соответствует значению параметра при некотором характерном давлении P° .

Предполагается, что все функции, а также параметры пласта, нефти, в том числе координаты скважин \mathbf{x}_l , $l = \overline{1, L}$ заданы.

Необходимо оптимизировать режимы работы скважин, соблюдая следующие режимно-технологические и плановые показатели:

$$\begin{aligned}
0 \leq p_i^l \leq p_i(t) \leq p_i^u, \quad i = \overline{1, L_1}, \\
q_j^l \leq q_j(t) \leq q_j^u, \quad j = \overline{L_1 + 1, L_1 + L_2 = L}, \\
V_{\text{total}}(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = - \sum_{l=1}^L \int_0^T q_l(t) dt \geq V_{\text{plan}},
\end{aligned} \tag{2}$$

где $p(t)$ – динамическое забойное давление; V_{total} – суммарный объем добытой нефти; V_{plan} – плановое задание на добычу нефти; L_1 , L_2 – количество скважин с управляемым забойным давлением и дебитом соответственно.

Рассмотрим задачу минимизации отклонения от средневзвешенной остаточной пластовой энергии [4]:

$$J(\mathbf{p}, \mathbf{q}; P) = \iint_{\Omega} (P(\mathbf{x}, T) - \bar{P})^2 d\mathbf{x} + \varepsilon_1 \sum_{l=1}^L \int_0^T (p_l(t))^2 dt + \varepsilon_2 \sum_{l=L_1+1}^L \int_0^T (q_l(t))^2 dt, \quad (3)$$

$$\bar{P} = \iint_{\Omega} P(\mathbf{x}, T) d\mathbf{x} / \text{mes } \Omega,$$

где второе и третье слагаемые в (3) введены с целью регуляризации функционала; $\varepsilon_1, \varepsilon_2 > 0$ – параметры регуляризации.

Предположим, что забойные давления и дебиты скважин кусочно-постоянные во времени функции:

$$p_i(t) = p_i^k = \text{const}, \quad q_j(t) = q_j^k = \text{const}, \quad (4)$$

$$t \in [\tau^{k-1}, \tau^k), \quad k = \overline{1, m}, \quad \tau^0 = 0,$$

$$\tau^m = T, \quad i = \overline{1, L_1}, \quad j = \overline{L_1+1, L},$$

где m – число интервалов постоянства значений забойных давлений и дебитов.

Поставленная задача (1)–(4) является параметрической задачей оптимального управления системами с распределенными параметрами [5]:

$$\mathbf{p} = [p_1^1 \quad \dots \quad p_1^m \quad \dots \quad p_{L_1}^1 \quad \dots \quad p_{L_1}^m]^T \in \square^{L_1 m}, \quad (5)$$

$$\mathbf{q} = [q_{L_1+1}^1 \quad \dots \quad q_{L_1+1}^m \quad \dots \quad q_L^1 \quad \dots \quad q_L^m]^T \in \square^{L_2 m},$$

общей размерности Lm . Для ее численного решения предлагается, применяя какую-либо конечно-разностную аппроксимацию, получить конечномерную задачу математического программирования с ограничениями типа равенств и неравенств специального вида [4, 6].

Решение задачи минимизации критерия (3), где в роли оптимизируемых параметров выступают векторы (5), представляет определенную трудность с точки зрения размерности пространства, в котором осуществляется поиск точки глобального минимума. Применение ставших уже классическими методов оптимизации, основанных на информации о производной целевой функции, осложняется сильной степенью нелинейности минимизируемого функционала относительно неизвестных параметров. Все это обуславливает применение более эффективных методов глобальной оптимизации, в качестве одного из которых был выбран генетический алгоритм.

Для учета нелинейных условий типа равенств и неравенств разработан генетический метод множителей (ALGA, или Augmented Lagrangian Genetic Algorithm) [7, 8]. Решаемая этим методом задача имеет вид

$$\min_{\mathbf{v}} f(\mathbf{v}), \quad (6)$$

$$c_i(\mathbf{v}) \leq 0, \quad i = \overline{1, m_c},$$

$$c_i(\mathbf{v}) = 0, \quad i = \overline{m_c+1, m_t},$$

$$\mathbf{A}\mathbf{v} \leq \mathbf{b}, \quad \mathbf{C}\mathbf{v} = \mathbf{d}, \quad \mathbf{l} \leq \mathbf{v} \leq \mathbf{u},$$

где $f, c_i: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}, i = \overline{1, m_c}$; n – число неизвестных; m_c – число нелинейных ограничений-неравенств; m_l – общее число нелинейных ограничений; \mathbf{A}, \mathbf{b} – матрица и вектор линейных ограничений-неравенств соответственно; \mathbf{C}, \mathbf{d} – матрица и вектор линейных ограничений-равенств соответственно; \mathbf{l}, \mathbf{u} – векторы простых нижних и верхних границ соответственно.

Среди ограничений (2) задачи минимизации (3) можно выделить простые границы, устанавливающие диапазоны изменения значений идентифицируемых компонент векторов (5), т. е.

$$\mathbf{l} = [p_1^L \dots p_L^L \dots q_1^L \dots q_L^L]^T \in \mathbb{R}^{Lm},$$

$$\mathbf{u} = [p_1^U \dots p_L^U \dots q_1^U \dots q_L^U]^T \in \mathbb{R}^{Lm},$$

$$\text{и } \mathbf{v} = [\mathbf{p} \ \mathbf{q}]^T \in \mathbb{R}^{Lm}.$$

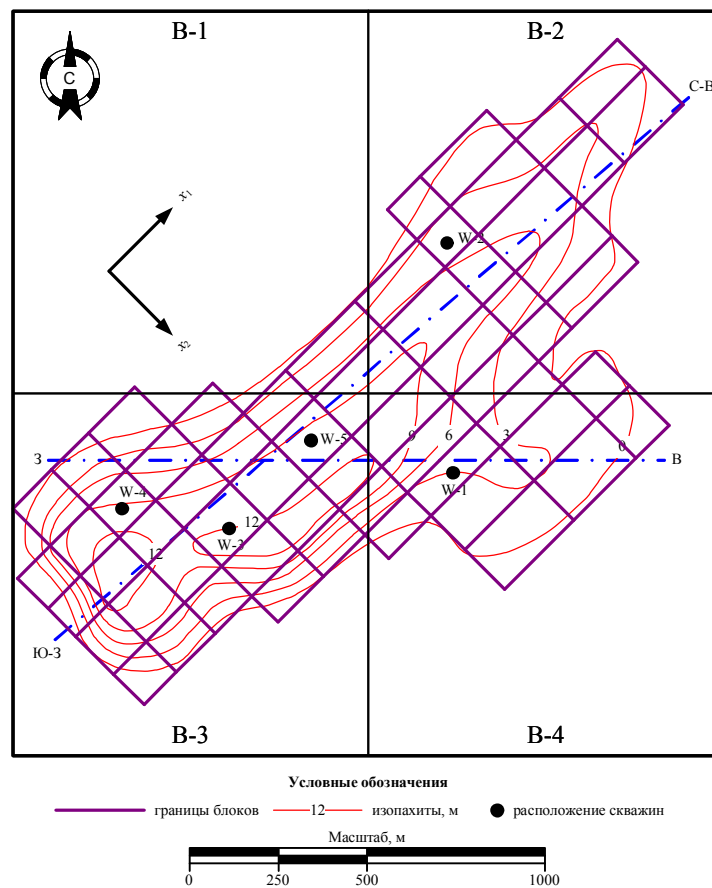


Рисунок 1 – Блочнo-центрированная сетка, используемая для пласта А-1

Ограничение на суммарную добычу в (2), в общем, является нелинейным. Нелинейность возникает из-за наличия скважин с управляемым забойным давлением, дебит которых определяется величиной пластового давления в призабойной зоне, которая, в свою очередь, является нелинейной функцией режимов работы всех скважин месторождения. Поэтому в терминах постановки задачи (6) имеем

$$c(\mathbf{v}) = V_{\text{total}}(\mathbf{v}) + V_{\text{plan}} \leq 0.$$

Рассмотрим пример месторождения, заимствованный из [9], под условным названием А-1. На рис. 1 показана двумерная неравномерная блочно-центрированная конечно-разностная сетка, используемая для численного моделирования пласта А-1. Эксплуатация пласта А-1 осуществлялась путем его вскрытия по 5 скважинам.

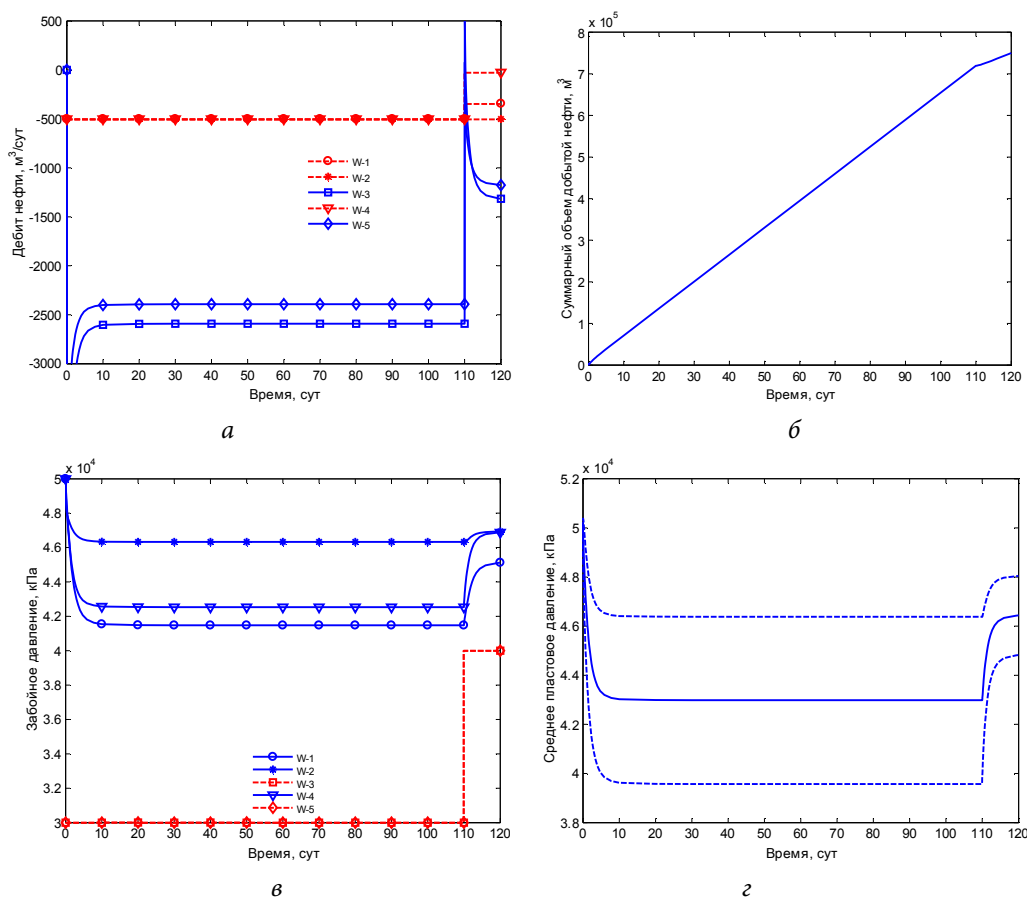


Рисунок 2 – Результаты расчетов

Считается, что имеющиеся скважины вскрывают весь интервал продуктивного горизонта А-1. Информация о режимах работы скважин приведена в табл. 1. Из таблицы следует, что все скважины могут работать как в режиме добычи, так и в режиме закачки. Перевод скважины из первого режима работы во второй часто практикуется в рамках общих мероприятий по поддержанию пластового давления.

Сжимаемость породы $c_\phi = 4,0 \cdot 10^{-4}$ МПа⁻¹. Считается также, что в интересующий нас продуктивный пласт осуществляется приток воды через его северо-западные и северо-восточные участки внешней границы. Данная связь между пластом и водоносным слоем моделируется постоянным давлением $P_b(t) = 50$ МПа, $t \in (0, T]$ на границе Γ_1 . Таким же по величине принимается и начальное давление в пласте, т. е. $P_0(\mathbf{x}) = 50$ МПа, $\mathbf{x} \in \bar{\Omega}$.

Таблица 1 – Информация о режимах работы и типе скважин

Скважина	Тип скважины	Режим работы
W-1	добыв./нагн.	$q_1 \in [-500, 500]$ м ³ /сут
W-2	добыв./нагн.	$q_2 \in [-500, 500]$ м ³ /сут
W-3	добыв./нагн.	$p_3 \in [30, 40]$ МПа
W-4	добыв./нагн.	$q_4 \in [-500, 500]$ м ³ /сут
W-5	добыв./нагн.	$p_5 \in [30, 40]$ МПа

Свойства пластовой нефти:

$$\rho^\circ = 850 \text{ кг/м}^3, B^\circ = 1, \mu^\circ = 0,8 \text{ мПа} \cdot \text{с},$$

$$c_t = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}, c_\mu = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}.$$

Здесь в качестве характерного давления как для пористой среды, так и нефти берется атмосферное давление, т. е. $P^\circ = 100$ кПа.

Рассмотрим минимизацию (3) при ограничениях (2) и условии (4), где $T = 120$ сут, $m = 12$, $L_1 = 2$, $L = 5$ и $V_{\text{план}} = 750$ тыс. м³. Интервалы постоянства режимов работы скважин имеют одинаковую длительность 10 сут. Параметры регуляризации $\varepsilon_1 = 10^{-6}$ и $\varepsilon_2 = 10^{-2}$.

Проведем анализ результатов на рис. 2. Забойные давления скважин W-3 и W-5 задавались в течение 110 суток на минимально возможных уровнях. Это позволило достигнуть самых высоких темпов отбора нефти за данный период. Затем по прошествии 110 суток забойные давления этих скважин переключались на мак-

симально возможные значения, тем самым приближая давление в блоках, содержащих скважины W-3 и W-5, к среднему уровню пластового давления.

Управление дебитом остальных скважин происходило по несколько иному сценарию. Во всех трех случаях дебит скважины W-2 в течение 120 суток сохранялся на минимально возможном отрицательном значении, т. е. эта скважина весь плановый период должна работать в режиме добычи с максимально возможным темпом отбора. Это объясняется сохранением практически на всем планируемом периоде самого высокого уровня динамического забойного давления для этой скважины среди всех остальных. На последнем интервале потребовалось несколько снизить дебит скважины W-1, что сравняло ее забойное давление с давлением для скважины W-2 (рис. 2б). В свою очередь, скважина W-4 практически прекращала свое функционирование (рис. 2а).

В табл. 2 приведены значения слагаемых, формирующих итоговое оптимальное значение функционала (3). Здесь приняты следующие обозначения: MSD – среднеквадратическое отклонение, MSS – среднеквадратическая сумма.

Последний столбец в табл. 2 рассчитывался по формуле

$$J(P; \mathbf{p}, \mathbf{q}) = \text{MSD}(P) + \varepsilon_1 \text{MSS}(\mathbf{p}) + \varepsilon_2 \text{MSS}(\mathbf{q}),$$

где $\varepsilon_1 = 10^{-4}$ и $\varepsilon_2 = 1$.

Таблица 2 – Оптимальное значение критерия качества

MSD(P), 10^6 кПа ²	MSS(\mathbf{p}), 10^9 кПа ²	MSS(\mathbf{q}), 10^5 (м ³ /сут) ²	$J(P; \mathbf{p}, \mathbf{q})$, 10^6
2,2607	1,9167	5,3247	2,9849
2,2794	1,9167	5,1091	2,9820
2,5852	1,9167	7,1821	3,4951

Основной вывод, который можно сделать по данным из табл. 2, состоит в том, что уже на примере однофазной фильтрации слабосжимаемой жидкости учет нелинейных эффектов может оказывать значительное влияние на результаты решения задачи оптимального управления режимами работы скважин.

Список литературы

1. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем / пер. с англ. А. В. Королева, В. П. Кестнера ; под ред. М. М. Максимова: Изд. 2-е, стер. М.; Ижевск: Ин-т компьютер.исслед., 2004. 406 с.
2. Chen Z., Huan G., Ma Y. Computational Methods for Multiphase Flows in Porous Media. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics. 2006. Т. XXIX. 531 p.

3. *Chen Z.* Reservoir Simulation: Mathematical Techniques in Oil Recovery // CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics. Vol. 77. SIAM. Philadelphia (PA), 2007. 248 p.
4. *Айда-Заде К.Р.* Численная оптимизация размещения скважин // Вычислит. технологии. 2006. Т. 11. № 3. С. 3–13.
5. *Бутковский А.Г.* Теория оптимального управления системами с распределенными параметрами. М.: Наука, 1965. 474 с.
6. *Айда-Заде К.Р.* Оптимизация размещения и режимов работы скважин нефтепромысла // Вычислит. технологии. 2005. Т. 10. № 4. С. 52–62.
7. *Conn A. R., Gould N., Toint Ph. L.* A Globally Convergent Lagrangian Barrier Algorithm for Optimization with General Inequality Constraints and Simple Bounds // Mathematics of Computation. 1997. Vol. 66. Is. 217. Pp. 261-288.
8. *Lewis R. M., Torczon V.* A Globally Convergent Augmented Lagrangian Pattern Search Algorithm for Optimization with General Constraints and Simple Bounds // SIAM J. Optim. Vol. 12. № 4. P. 1075-1089.
9. *Ertekin T., Abou-Kassem J.H., King G.R.* Basic Applied Reservoir Simulation // SPE Textbook Series. 2001. Vol. 7. 406 p. (ISBN 978-1-55563-089-8).

А.Н. Блябляс, магистр техники и технологий
Институт механики Уральского отделения РАН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ

В статье исследована работа пленочных противоточных массообменных аппаратов на всех режимах работы, представлено описание модели перехода противоточных массообменных аппаратов в критический режим работы. В САПР ANSYS смоделированы и описаны установленные режимы на примере конкретной задачи.

The paper studied the work of film countercurrent mass transfer devices in all modes of operation, the model describes the transition countercurrent mass transfer devices in the critical mode. The ANSYS CAD modeled and described by the example set modes specific task.

Ключевые слова: Конденсация, режим течения, углеводородная смесь, критический режим, течение пленки, захлебывание, волновая неустойчивость, фазовый переход.

Keywords: condensation, flow regime, hydrocarbon mixture, critical mode, flow film, flooding, wave instability, phase transition.

Глубокое изучение неустойчивости волновых течений тонких слоев вязкой углеводородной пленки связано с реализацией ее течения в аппаратных комплексах конденсации попутного нефтяного газа, массообменных аппаратах, дистилляторах, конденсаторах. Неустойчивость проявляется в изменении волновых характеристик: фазовой скорости, частоты, инкремента, скорости фазового перехода, и в образовании в поверхностных слоях диссипативных структур, таких, как циркуляционные ячейки, вихри. Движение в поверхностных слоях и вблизи них способствует более быстрому обновлению поверхности раздела фаз, что несомненно, увеличивает коэффициент массопереноса [1, с. 105-120].

Моделирование различных режимов течения углеводородных пленок даст возможность использовать различные физико-химические факторы, а так же исследовать их влияние на волновые характеристики пленки и ее устойчивость, что безусловно увеличит КПД массообменных аппаратов.

В зависимости от расходов потоков в противоточных массообменных аппаратах различают следующие гидродинамические режимы – пленочный, подвисяние, захлебывание, вынесение жидкости. Режим захлебывания, как правило, рассматри-

вается как критический режим, ограничивающий работу противоточного массообменного аппарата.

Исследование критических режимов массообменного аппарата возможно и остро необходимо в современных условиях.

Для моделирования процессов теплообмена и конденсирования, рассматривается массообменный аппарат, рабочий участок которого представляет собой вертикальную непроницаемую трубу. Газовая углеводородная смесь - однофазная многокомпонентная среда, подается из распределяющего устройства в нижней части рабочего участка с определенной скоростью, давлением, температурой. Снаружи стенка трубы охлаждается интенсивно циркулирующей жидкостью. За счет передачи тепла от паровоздушной смеси в охлаждающую жидкость через тонкую стенку трубы, доля газа, достигая давления насыщения, конденсируется на внутреннюю стенку трубы, образуя тем самым тонкую пленку углеводородов на поверхности.

Скорость газовой смеси в противоточном массообменном аппарате оказывает колоссальное влияние на поведение углеводородной пленки конденсата. В нормальных условиях (при $g=9.8\text{м/сек.}$), уже при скоростях движения газового потока порядка 12 м/с, межфазные касательные напряжения между потоком газовой смеси и сконденсировавшейся пленкой жидкости, значительно возрастают. Рост касательных напряжений влечет за собой увеличение толщины конденсатного слоя, следовательно, и гидравлического сопротивления.

Волнообразование на поверхности стекающей углеводородной пленки приводит к возникновению нерегулярной шероховатости стенок канала.

Если же скорость газа продолжит увеличиваться, то будет достигнуто равновесие между гравитационной силой стекающей пленки и силой трения набегающего потока газовой смеси. Такой режим «подвисяния» пленки ведет к значительному увеличению толщины пленки и выбросом ее наружу газовым потоком. Работа массообменного аппарата, по принципу пленочной конденсации в этом режиме нарушается. Такой режим, режим «захлебывания» является критическим и ограничивающим работу массообменного пленочного аппарата.

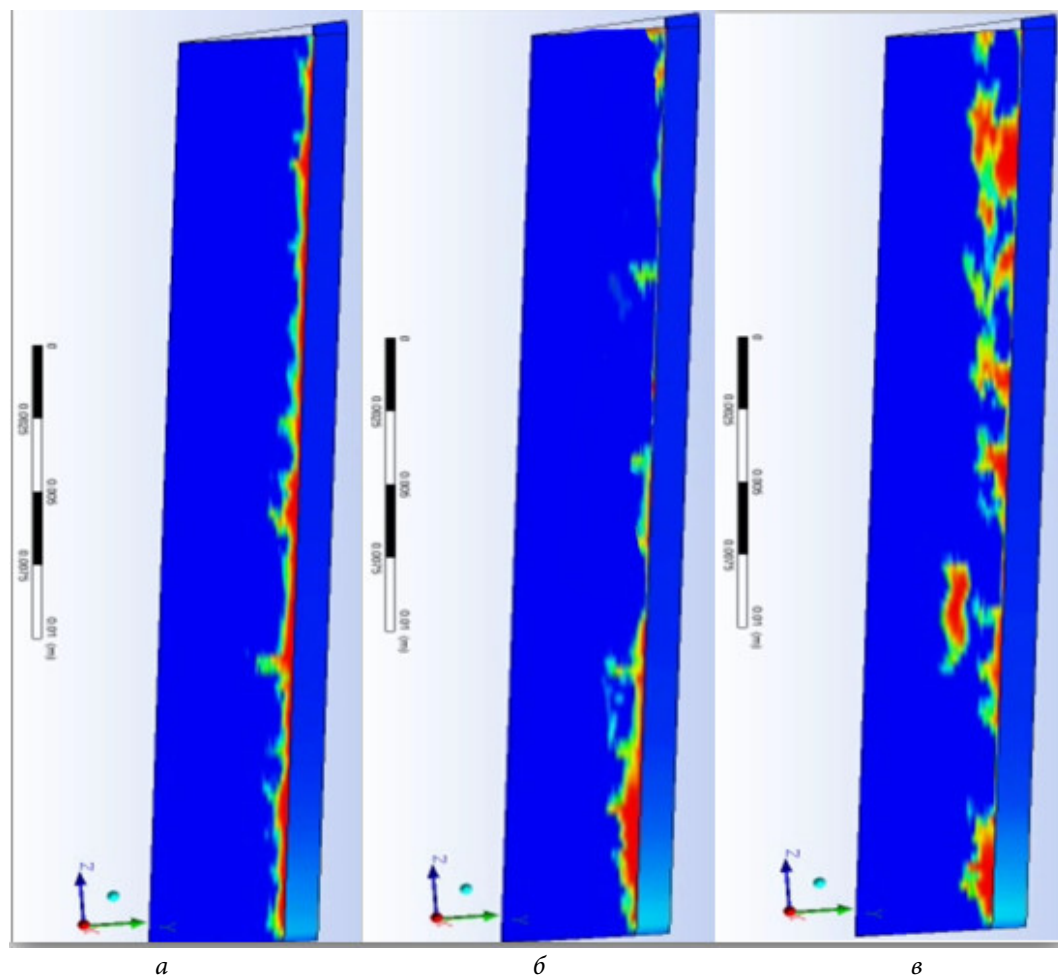
Из предыдущих исследований авторами было установлено, что независимо от толщины пленки сила трения набегающего потока газо-воздушной смеси оказывает влияние на пленку конденсата, изменяя в ней эпюры локальных скоростей и толщину [2, с. 43-45].

Предельная скорость газа в таком случае будет зависеть от множества переменных, таких как массовый расход жидкости, динамическая вязкость, плотность газа, внутренний диаметр трубы и др.

Начальные и граничные условия:

- Расчетная область длины трубки 1000 мм;

- Внутренний диаметр трубки 8 мм;
- Толщина стенки трубки 1 мм;



Режимы течений противоточного пленочного аппарата: а – режим пленочного течения; б – режим "подвисяния и накопления пленки"; в – режим "захлебывания" аппарата

- Материал трубки нержавеющая сталь (коэффициент теплопроводности 17,5 Вт·К):
- Время моделирования процесса конвективного теплообмена и конденсации 10 с;
- Шаг по времени 0,005 с;
- Учет сил гравитации $-9,81\text{м/с}^2$;

- Учет поверхностного натяжения пленки в зависимости от температуры стенки ($T = 373 \text{ К}$, $\sigma = 58 \text{ мН/м}$. $T = 293 \text{ К}$, $\sigma = 72 \text{ мН/м}$);
- Скорость газовой смеси в диапазоне $1 \dots 30 \text{ м/с}$;
- Температура газовой среды на входе в трубу 373 К ;
- Температура охлаждающей жидкости в диапазоне $274 \dots 290 \text{ К}$;
- Начальная температура стенки равна температуре охлаждающей жидкости;
- Давление в системе $1,5 \text{ МПа}$;
- Используемая модель турбулентности: $k-\epsilon$ (данная модель наиболее универсальна для широкого диапазона чисел Рейнольдса).

Заключение

В статье исследована работа пленочных противоточных массообменных аппаратов на всех режимах работы. В САПР ANSYS смоделированы и описаны установившиеся режимы. Подтверждена работоспособность теории описывающей работу массообменных аппаратов на критических режимах. Определены границы существования каждого режима течений тонкой пленки конденсата. Проведен анализ соответствующих волновых структур.

Список литературы

1. Капица П.Л., Капица С.П. Волновое течение тонких слоев вязкой жидкости: в 3 ч. Ч. III. Опытное изучение волнового режима течения // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1949. Т. 19. Вып. 2.
2. Блябляс А.Н., Корепанов М.А. Моделирование гидрогазодинамических процессов при конденсации паровоздушной смеси в трубе // Вестник ИжГТУ. 2014. № 1.

В.К. Чесноков, старший преподаватель
Камский институт гуманитарных и инженерных технологий

СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ В РОССИИ – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПОРТА И ВНУТРЕННЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Мир все больше и больше зависит от нефти, а также постоянное негативное воздействие на негативную среду. Задача статьи – раскрыть преимущества сжиженного газа и проблемы существующие в данной отрасли.

The world is becoming more and more dependent on oil, and the permanent negative impact of the negative impact. The task of the article - to reveal the advantages of LPG and the problems existing in the industry.

Ключевые слова: природный газ, сжиженный газ, криоцистерны, транспортировка газа.

Keywords: natural gas, liquefied petroleum gas, cryogenic tanks, gas transportation.

Природный газ в основном применяется в промышленности – 44% и в производстве электроэнергии – 31%. Кроме этого важнейшими сферами его потребления можно назвать коммунально-бытовой сектор и бурно развивающийся транспорт. Россия, занимающая ведущие позиции в мире по добыче газа и его транспортировке, как по территории страны, так и на экспорт – занимает скромные позиции по его сжижению и поставкой на экспорт. Сжиженный природный газ (СПГ) имеет ряд преимуществ перед природным газом в его первозданном виде:

- сжижение природного газа увеличивает его плотность в 600 раз, что сокращает объем при транспортировке и хранении;
- появляется возможность создания запасов и их использование по мере необходимости;
- нетоксичен, хранится под небольшим избыточным давлением при температуре около (минус 161° С) в емкости с теплоизоляцией;
- возможность транспортировки на большие расстояния автотранспортом, железнодорожным и водным транспортом.

Сжиженный природный газ (СПГ) – криогенная жидкость с содержанием метана не менее 86% от объема (ТУ 05-03-03-85) и температурой кипения от минус 162°С, при регазификации которой из 1 м³ газа при нормальных условиях (760 мм.

рт. ст., 0°C). СПГ является перспективным энергоносителем и обеспечивает экономическую и экологическую эффективность по отношению к другим видам топлива.

В настоящее время наблюдается расширение международной торговли сжиженным природным газом, на его долю приходится свыше 26% мировых внешне-торговых поставок природного газа, что составляет 7% его мирового потребления. Крупнейшие мощности по производству сжиженного природного газа в настоящее время сосредоточены в Юго-Восточной Азии, однако наиболее динамичное их расширение наблюдается в Африке и на ближнем Востоке. Основные потребители природного газа России находятся в Европе, с которой Россия связана трансконтинентальными магистральными газопроводами, и зависит от экономического и политического состояния стран транзитеров по которым проходят эти трубопроводы.

Целью данной статьи является ознакомление с историей развития рынка СПГ, с его современным состоянием и перспективами развития, процесс производства СПГ, а также его морской транспортировки, раскроем где применяют СПГ, и самое главное, проведем анализ перспективных проектов по созданию СПГ-терминалов в России.

СПГ производится на сжижительных установках (заводах), после чего может быть перевезен в специальных криогенных емкостях – морских танкерах или цистернах для сухопутного транспорта. Это позволяет доставлять газ в те районы, которые находятся далеко от магистральных газопроводов, традиционно используемых для транспортировки обычного природного газа. Природный газ в сжиженном виде долго хранится, что позволяет создавать запасы. Перед поставкой непосредственно потребителю СПГ возвращают в первоначальное газообразное состояние на регазификационных терминалах.

Первые попытки сжижать природный газ в промышленных целях относятся к началу XX века. В 1917 году в США был получен первый СПГ, но развитие трубопроводных систем надолго отложило совершенствование этой технологии. В 1941 году была совершена следующая попытка произвести СПГ, но промышленных масштабов производство достигло только с середины 1960-х годов.

СПГ представляет собой жидкость без запаха и цвета, плотность которой в два раза меньше плотности воды. Температура кипения минус 158...163°C. Современный СПГ состоит на 95% из метана, в остальные 5% входят этан, пропан, бутан, азот. Нижняя граница сгорания- 50116 кДж/кг. В процессе обработки природный газ очищают от воды, диоксида серы, оксида углерода и др.

Существует два способа получения СПГ:

1. Природный газ, охлажденный после очистки от примесей до температуры конденсации (минус 161,5°C), превращается в жидкость, называемую сжиженным

природным газом. К таким газам относятся: кислород, воздух, водород, азот, метан, фтор, гелий и другие инертные газы.

2. СПГ получают из природного газа путем сжатия с последующим охлаждением. Процесс сжижения идет ступенями, на каждой из которых газ сжимается в 5-12 раз, затем охлаждается и передается на следующую ступень. Собственно сжижение происходит при охлаждении после последней стадии сжатия. Процесс сжижения, таким образом, требует значительного расхода энергии – до 25% от ее количества содержащегося в сжиженном газе. К таким газам относятся: аммиак, хлор, углекислый газ, закись азота, фреоны и др. В процессе сжижения используются различные виды установок – дроссельные, турбодетандерные, турбинновихревые и пр.

Существует технология, позволяющая сэкономить на сжижении до 50% энергии, с использованием энергии, теряемой на газораспределительных станциях при дросселировании природного газа от давления магистрального трубопровода (4–6 МПа) до давления потребителя (0,3–1,2 МПа). При этом используется как собственно потенциальная энергия сжатого газа, так и естественное охлаждение газа при снижении давления. При этом дополнительно экономится энергия, необходимая для подогрева газа перед подачей потребителю.

Завод по сжижению природного газа состоит из:

- установки предварительной очистки и сжижения газа;
- технологических линий производства СПГ;
- резервуаров для хранения;
- оборудования для загрузки на танкеры;
- дополнительных служб для обеспечения завода электроэнергией и водой для охлаждения.

В качестве топлива используются:

- сжиженный природный газ, в основном метан, – переходит в жидкое состояние только при охлаждении.
- сжиженные углеводородные газы, как правило, пропан-бутановая смесь, переходят в жидкое состояние при повышении давления.

Впервые масштабное производство СПГ налажено в 1941 году в Кливленде, штат Огайо (США). В 1959 году осуществлена первая поставка СПГ из США в Великобританию на модифицированном танкере времен Второй мировой войны. В этом же году газ был поставлен из США в Японию. В 1964 году построен завод в г. Арзу, Алжир; начались регулярные перевозки танкерами; начал работать первый терминал по регазификации во Франции. 1971 год начались поставки из Ливии в Испанию и Италию. 1972 год началось производство СПГ в Брунее. В 1977 году на рынок природного газа вышла Индонезия. 1983 год начато производство СПГ в Малайзии – объем поставок в Японию составил 8 млн. тонн. 1989 год началось про-

изводство в Австралии, а в 1977 году экспортером СПГ становится Катар. В России первый завод был построен в 2006 году, запущен в 2009 году на Сахалине и на проектную мощность выведен в 2010 году (9,6 млн тонн) СПГ, что эквивалентно 13 млрд м³ газообразного природного газа. Лидерами же по поставкам СПГ уже в 2009 году были:

1. Катар -49,4 млрд м³
2. Малайзия 29,5 млрд м³
3. Индонезия 26,0 млрд м³
4. Австралия 24,2 млрд м³
5. Алжир 20,9 млрд м³
6. Тринидад и Тобаго 19,7 млрд м³

Основными импортерами СПГ в 2009 году были:

1. Япония 85,9 млрд м³
2. Республика Корея 34,3 млрд м³
3. Испания 27,0 млрд м³
4. Франция 13,1 млрд м³
5. США 12,8 млрд м³
6. Индия 12,6 млрд м³

СПГ хранится в специальных криоцистернах, устроенных по принципу сосуда Дьюара. Транспортируется СПГ на специальных морских судах-газовозах, оборудованных криоцистернами, а также на спецавтомобилях и железнодорожных цистернах. Регазифицированный СПГ доставляется конечным потребителям по трубопроводам. Чистый СПГ не горит, сам по себе не воспламеняется и не взрывается. На открытом пространстве при нормальной температуре СПГ возвращается в газообразное состояние и быстро растворяется в воздухе. Для воспламенения необходимо иметь концентрацию испарений в воздухе от 5% до 15%. Если концентрация до 5%, то испарений недостаточно для начала возгорания, а если более 15%, то в окружающей среде становится слишком мало кислорода. Для использования СПГ подвергается регазификации – испарению без присутствия воздуха.

Использование СПГ в качестве энергоносителя решает следующие задачи:

- газификация удаленных объектов;
- сокращение издержек, связанных с газификацией, вследствие отказа от разработки, сооружения и обслуживания некоторой части объектов газоснабжения (межпоселковых распределительных газопроводов, газопроводов-отводов);
- снижение количества выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду при замене, например, каменного угля или мазута природным газом;
- снижение затрат на энергоносители;
- комплексное получение тепловой электроэнергии.

Имея хорошие энергетические характеристики и высокое октановое число, сжиженный газ используется не для одной лишь газификации населенных пунктов и объектов промышленности, но и как моторное топливо на различных видах транспорта. Физико-химические, энергетические и экологические свойства природного газа делают его довольно перспективным видом топлива, использование которого может дать положительный эффект в некоторых вопросах. Экологическая безопасность и топливная экономичность двигателей, работающих на природном газе, снижение износа деталей газового двигателя, уменьшение расхода масла – вот характерные особенности.

Применение сжиженного газа на транспорте преследует следующие цели:

- экономию денежных средств на покупку топлива, так как цена эквивалентного количества сжиженного газа ниже, чем бензина или дизельного топлива;
- обеспечение в перспективе устойчивого топливоснабжения (учитывая динамику изменения объемов нефтегазодобычи, сравнительный анализ запасов нефти и газа, прогнозы истощения месторождений).

Учитывая вышесказанное, напомним, что 12 мая 2009 года на российско-японском бизнес-форуме, В.В.Путин заявил, что в Приморье будет построен второй завод по производству СПГ.

Кроме того планируется к созданию:

1. Компанией «Новая ТЭК» (владелец контрольного пакета акций) совместно с компаниями «Total» и «CNPS» в рамках ОАО «Ямал СПГ» реализуется проект по строительству завода СПГ на полуострове Ямал. «Ямал СПГ» – проект освоения Южно-Тамбейского газового месторождения, запасы которого оцениваются примерно в 1 трлн м³ газа. Однако месторождение расположено слишком далеко от «цивилизации», поэтому его освоение будет происходить не через прокладку трубы от существующей газотранспортной системы Западной Сибири, а путем строительства при месторождении завода по СПГ мощностью 16,5 млн тонн СПГ в год. Сжиженный газ будет вывозиться танкерами-газовозами через газовый терминал порта Сабетта, создаваемого специально под этот проект.

2. Проект «Владивосток СПГ» предполагает строительство на полуострове Ломоносова (бухта Перевозная) в Хасанском районе завода по производству СПГ. Мощность завода, который будет состоять из нескольких технологических линий, составит не менее 10 млн тонн СПГ в год. Планируется, что первая линия заработает уже в 2018 году;

3. Для транспортировки газа со Штокманского месторождения потребителям в Атлантическом регионе (США, страны южной Европы) Газпром планирует построить завод в деревне Териберка в Мурманской области;

4. Существует проект строительства завода «Балтийский СПГ» в Ленинградской области, однако планы реализации этого проекта неопределенны и требуют проведения тщательного дополнительного анализа его экономической эффективности. Да и все вышеперечисленные проекты ставятся под угрозу срыва, в связи с развивающимися событиями разворачивания санкций против России со стороны мировых государств, так как все проекты предполагают участие мировых инвесторов и производителей оборудования, инструмента и технологий.

В принципе похожая ситуация наблюдалась, когда в 1970 году наша страна только выходила на газовый рынок. Тогда не нашлось отечественных поставщиков труб большого диаметра, и была заключена с ФРГ сделка «газ-трубы». Лишь в последние 10 лет российские металлурги наконец освоили это производство.

Сейчас у России большие планы в отношении рынка СПГ. Объем спроса на сжиженный газ, по оценкам экспертов, должен вырасти с нынешних 240 млн тонн до 400 млн тонн к 2020 году. Россия хотела бы утроить свою долю к 2020 году на рынке СПГ, доведя ее до 15 % с нынешних 4,55 (обеспечивается единственным в стране СПГ – заводом мощностью 9,6 млн тонн на Сахалине; укомплектован преимущественно импортным оборудованием. Основания для этого есть, российский СПГ дешевле, чем у основных конкурентов. Но для страны важно стимулировать локализацию производства оборудования и трансферт технологий.

Сжиженный природный газ не является революционно новым открытием. Это уже проверенная технология, которая успешно реализуется на протяжении многих лет, в основном в электрогенерирующей промышленности. В тоже время, только несколько лет назад СПГ стал серьезно рассматриваться как альтернатива нефти в некоторых сегментах транспортного сектора. Благодаря своим экономическим и экологическим преимуществам СПГ имеет огромный потенциал стать заменой нефтяному топливу для тяжелых грузовых автомобилей и морского транспорта. Кроме того, развитие СПГ в качестве транспортного топлива активно поддерживается различными регулирующими и законодательными органами, а также некоторыми крупными нефтегазовыми корпорациями. Главным препятствием в осуществлении перехода на СПГ является необходимость создания совершенно новой инфраструктуры. Поэтому рост рынка СПГ в качестве транспортного топлива будет в значительной степени зависеть от технологических инноваций, а также инвестиций в соответствующие инженерные проекты. В тоже время данный спрос на новые технологии открывает огромные возможности для развития различным компаниям, научно-исследовательским организациям и инвесторам.

Будучи уже зрелой технологией, СПГ не требует новых капиталоемких открытий. Будущие инновации в основном связаны с технологиями, которые могут улучшить, оптимизировать и расширить использование СПГ. Именно поэтому, се-

годня данная отрасль открывает двери предпринимателям, малому и среднему бизнесу, которые наряду с крупными корпорациями могут способствовать стремительному развитию СПГ в качестве нового транспортного топлива.

Другим ключевым фактором, который предопределяет темп и масштаб развития рынка СПГ, являются инвестиции. Доступ бизнеса к значительным инвестициям является неотъемлемой частью развития инфраструктуры СПГ. В тоже время, будучи одним из наиболее динамично развивающихся альтернативных видов топлива, СПГ открывает новые перспективные возможности для инвестирования.

УДК 662.76(045)

С.А. Городилов, студент

Ижевский государственный технический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

В работе анализируются перспективы применения природного газа. Анализируются преимущества и недостатки этого вида топлива.

The paper analyzes the perspectives of the natural gas. Advantages and disadvantages of this type of fuel.

Ключевые слова: природный газ, моторное топливо, энергопотребление.

Keywords: natural gas, motor fuel and power consumption.

Сегодня нефть является практически единственным источником удовлетворения потребности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в моторном топливе. Её роль особенно велика в автотранспорте, на потребности которого тратится более 50 % от общего количества добытой нефти, что обусловлено огромным количеством автомобилей. Нефть уникальным образом сочетает в себе множество преимуществ. И дизельное топливо, и керосин, и бензин обладают высокой теплотворной способностью на единицу массы. В виду развитой инфраструктуры, заточенной под углеводородное топливо, нефть легко получить и переработать, легко транспортировать, хранить и относительно быстро пополнить запас топлива в транспортном средстве [1]. В то же время какие-то отдельные преимущества альтернативных источников энергии при рассмотрении их в более широком контексте сразу начинают проигрывать традиционной нефти и получаемым из нее нефтепродуктам [5].

Однако обострение экологических проблем, вызванное резким увеличением автомобильного парка, ограниченность запасов нефти (по разным источникам её хватит на 25-40 лет) делают актуальными развитие технологий с уменьшенным потреблением нефтепродуктов, а также развитие альтернативных генерирующих мощностей не использующих продукты нефтепереработки.

Данные статистического обзора мировой энергетики, приведенные компанией British Petroleum в 2014 году, показывают изменение потребления энергии в мире в промежутке с 1988 по 2013 гг. Мировое потребление энергии в 2013 выросло на 2,3%, в третий год подряд показывая низкий уровень. Рост был ниже среднего во всех регионах, за исключением Северной Америки. Все виды топлива, кроме нефти,

атомной энергетики и возобновляемых источников выросли по ценам ниже средних ставок. Нефть остается доминирующим видом топлива в мире, но 14 лет подряд теряет долю рынка. Гидроэлектростанции и другие возобновляемые источники энергии показали рекордный рост глобального потребления энергии (6,7% и 2,2%, соответственно) [2].

Диапазон топлив, получаемых из альтернативных топливно-энергетических ресурсов, достаточно широк. Это и топлива из полезных ископаемых природного газа, газовых конденсатов, угля, горючих сланцев, битуминозных песков, топлива растительного и животного происхождения растительные масла, топлива из биомассы и животных жиров, получаемые из неорганических и органических ресурсов синтетические топлива, спирты и эфиры.

Анализ топливообеспечения всех видов транспорта, выполненный учеными многих стран мира, показывает, что в ближайшее будущее из-за истощения нефтяных ресурсов наступит эпоха природного газа. Именно по этой причине во многих странах уже в настоящее время приняты национальные программы перевода транспортных средств на использование в качестве моторного топлива сжатого природного газа [3].

Газ как моторное топливо представлен двумя основными разновидностями – компримированный природный газ (КПГ), который поступает на специальные заправки – автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС) – по газопроводам, и сжиженный углеводородный газ (СУГ). Первый является метаном, а второй – смесью пропана и бутана, продуктом переработки попутного нефтяного газа (ПНГ).

Преимущество пропан-бутана состоит в том, что он легко сжимается при обычной температуре при давлении всего 10–15 атмосфер. При этом для его перевозки достаточно стального баллона с толщиной стенок всего 4–5 мм. С метаном сложнее. Сжижать его можно только при низких температурах, порядка минус 160 градусов по Цельсию. Соответствующие технологии сжижения и «разжижения» недешевы. Метан можно также сжимать. Однако, чтобы количество сжатого газа по объему было хотя бы примерно сопоставимо со сжиженной пропан-бутановой смесью, сжаться он должен до 200–250 атмосфер. Поэтому для перевозки компримированного метана нужны гораздо более прочные и тяжелые баллоны. У метановых установок более высокие требования и к безопасности. Поэтому чаще всего на легковые автомобили ставят пропановое оборудование.

Расход сжатого природного газа (в отличие от сжиженного нефтяного газа) измеряется не в литрах, а в наполнительных метрах. Так как КПГ в основном состоит из метана, то его массовая теплота сгорания составляет 49,4 МДж/кг, что на 9% выше, чем у бензина, и на 11% выше, чем у авиакеросина. У потребителя, если

он переходит с традиционного горючего на СУГ, расходы на горючесмазочные материалы сокращаются на 20-25 %. В свою очередь у сжиженного природного газа по сравнению с углеводородным тоже есть преимущество. Энергоотдача СУГ примерно на 25 % меньше, чем у КПГ - 6175 ккал/м. куб. и 8280 ккал/м. куб. соответственно. Для потребителя это означает, что на одинаковое расстояние сжиженного углеводородного газа потребуется на 25-30 % больше, к тому же он немного уступает КПГ по экологическим параметрам.

При этом стоимость газомоторного топлива (ГМТ) не превышает 50% стоимости бензина марки А-80. По данным некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация», наибольшая цена моторного топлива – у водорода. Она составляет 9,01 евро/л. Это почти в девять раз дороже, чем у биодизеля (1,11 евро/л) и бензина (0,66 евро/л). В свою очередь стоимость 1 м³ газа, что эквивалентно 1 литру бензина, дешевле бензина более чем в два раза: стоимость 1 м³ сжиженного нефтяного газа составляет 0,39 евро/л, сжатого природного газа – 0,21 евро/л.

Существенным фактором, стимулирующим государства мирового сообщества к развитию рынка ГМТ, являются экологические проблемы. Вклад автотранспорта в загрязнение воздуха крупных городов составляет от 50 до 90 % по всем видам загрязнений. Поэтому требования к снижению токсичности отработанных газов ДВС транспортных средств постоянно возрастают – вводятся стандарты Евро-4 и Евро-5. Между тем перевод автомобилей на ГМТ сокращает выбросы диоксида углерода (основной парниковый газ) на 13%, оксидов азота - на 15-20 %, в 8-10 раз снижает дымность отработанных газов и полностью исключает выбросы соединений свинца [4]. По данным Минэнерго России, если взять бензин качества Евро-4 за эталон, то окажется, что по выбросам оксидов азота КПГ выигрывает почти в три раза, по СН - в 14 раз, по бензапирену - более чем в 16 раз, по саже - в 3 раза (в сравнении с соляркой - в 100 раз) [4]. Следовательно, по уровню выбросов вредных веществ в атмосферу сжатый природный газ уступает только электроэнергии. Хотя СУГ немного и отстает по экологическим параметрам, зато он позволяет решить проблему утилизации попутного нефтяного газа, который пока сжигается в факелах, хотя еще в январе 2009 года было подписано постановление «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках».

Еще одним преимуществом, которое получает предприятие, эксплуатирующее машины на метане – это повышение уровня безопасности, поскольку по своим физико-химическим свойствам природный газ менее опасен, чем пропан. Также благодаря использованию природного газа в качестве топлива увеличивается срок службы масла и самого ДВС. При работе мотора на газовом топливе не происходит смывания масляной пленки со стенок блока цилиндров, кроме того, на головке

блока цилиндров не образуются отложения углерода, не закоксовываются поршневые кольца, из-за которых происходит изнашивание элементов ДВС, а его межремонтный пробег увеличивается в полтора-два раза. Кроме того, улучшается работа системы зажигания - срок службы свечей возрастает на 40%. Все это сокращает затраты на ремонт.

Оборотной стороной медали использования газа в качестве топлива становится возможная неравномерность работы мотора. Это связано с резонансом во впускной системе и расслоением газозвушной смеси. Усложняется и пуск холодного двигателя зимой. Это объясняется более высокой температурой воспламенения газового топлива и меньшей скоростью сгорания.

Также определенную сложность представляет переоснащение автомобиля. Цена пропан-бутанового оборудования колеблется в пределах 15-28 тыс. руб., а метанового - начинается с 40 тыс. руб. При этом масса комплекта превышает 50 кг для СУГ и более 100 кг для КПП. Исходя из этого, выстраивается «специализация» газов: СУГ - для легкового транспорта, а КПП для тяжелой техники. Самая дорогая и «весомая» деталь - баллон. Для снижения его массы и повышения прочности стенок применяют легированные металлы или алюминий, армированный стеклопластиком, устанавливаются также металлокомпозитные баллоны в базальтовом коконе. В некоторых отраслях техники применяются армированные пластмассовые сосуды, которые очень дороги, но при этом легче стальных в 4-4,5 раза.

Таким образом, в зависимости от количества баллонов со сжатым газом масса грузовика увеличивается на 400 -900 кг. При этом снижается его грузоподъемность и возрастает расход топлива, однако при применении баллонов из композитных материалов этот недостаток не столь существенно сказывается на полезных характеристиках автомобиля [4].

Резюмируя, к основным положительным и отрицательным моментам использования газа как моторного топлива можно отнести:

Основные плюсы:

- низкая стоимость;
- повышенный уровень безопасности;
- сниженный уровень выбросов вредных веществ в атмосферу;
- увеличение срока службы масла;
- увеличение ресурса двигателя;
- снижение теплотворной способности газозвушной смеси.

Основные минусы:

- возможное возникновение неравномерности работы двигателя;
- усложнение пуска холодного двигателя в мороз;
- ухудшение динамических характеристик автомобиля;
- увеличение массы машины и снижение ее грузоподъемности;
- увеличение трудоемкости технического обслуживания и ремонта двигателя.

Несмотря на слабую развитость инфраструктуры относительно нефти, природный газ по запасам, экономичности добычи, возможностям использования, экологическим свойствам является перспективным ресурсом, способным обеспечить потребности человечества в энергии и углеводородном сырье, по крайней мере, в текущем столетии.

Список литературы

1. Нефть и альтернативные источники энергии. URL <http://www.eprussia.ru/epr/32/2137.htm>. Дата обращения: 27.02.2015.
2. BP Statistical Review of World Energy 2014. URL <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>. Дата обращения: 2.03.2015.
3. Природный газ. Метан: Справ. / С.Ю. Пирогов, Л.А. Акулов, М.В. Ведерников и др. – СПб.: НПО «Профессионал», 2006. - 848 с.
4. Природный газ как моторное топливо, - URL http://www.pro-gas.ru/images/data/gallery/0_5715_Gaz_kak_topливо-doklad.pdf. Дата обращения: 27.02.2015.
5. Митюков Н.В. Способы и устройства интенсификации добычи нефти. Патентно-информационный обзор // Вестник КИГИТ. 2008. № 1–2. С. 40–61.

Подписано в печать 25.01.2014. Формат 60×84/16.
Гарнитура Minion Pro. Усл. печ. л. 3,4. Уч.-изд. л. 3,1.
Тираж 300 экз. Заказ № 600.

Редакционно-издательский отдел
Камского института гуманитарных и инженерных технологий
426003, г. Ижевск, ул. Вадима Сивкова, 12 А.