АНАЛИЗ АСФАЛЬТОСМЕСИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

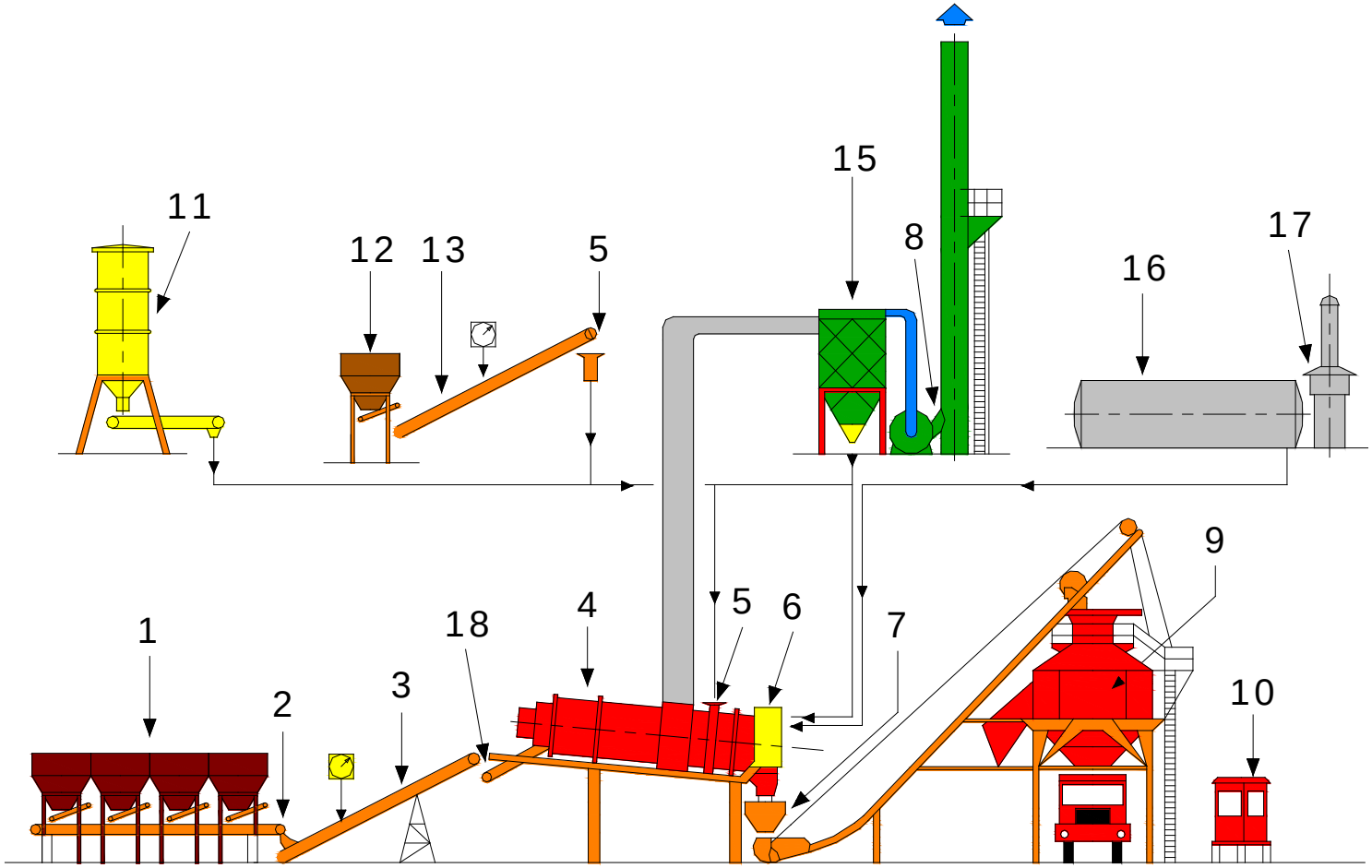
Кустарев Геннадий Владимирович, Зав.кафедрой МАДИ (ГТУ)

КЛАССИФИКАЦИЯ АСУ

СТАЦИОНАРНЫЕ

МОБИЛЬНЫЕ

ПОЛУСТАЦИОНАРНЫЕ



Принцип работы АСУ

1-бункеры-дозаторы; 2-сборный конвейер; 3-конвейер с контролем влажности; 4-сушильно-смесительный барабан; 5-дозатор и подача старого асфальтобетона; 6-смесительная зона; 7-бункер ожидания скипа; 8-пылесос-вентилятор; 9-накопительный бункер; 10-кабина управления; 11-силос минерального порошка; 12-бункер старого асфальтобетона; 13-конвейер с контролем влажности; 15-пылеуловитель и силос пыли; 16-битумный бак-цистерна; 17-нагреватель масла; 18-конвейер сушильного барабана

СТАЦИОНАРНЫЙ ЗАВОД

«+» УРОВЕНЬ НАДЕЖНОСТИ

«+» ПЕРЕЧЕНЬ РЕЦЕПТУР

«+» КАЧЕСТВО СМЕСИ

«+» ОБЪЕМ ПРОДУКЦИИ

«+» АВТОМАТИЗАЦИЯ

«-» ЗАНИМАЕМАЯ ТЕРРИТОРИЯ

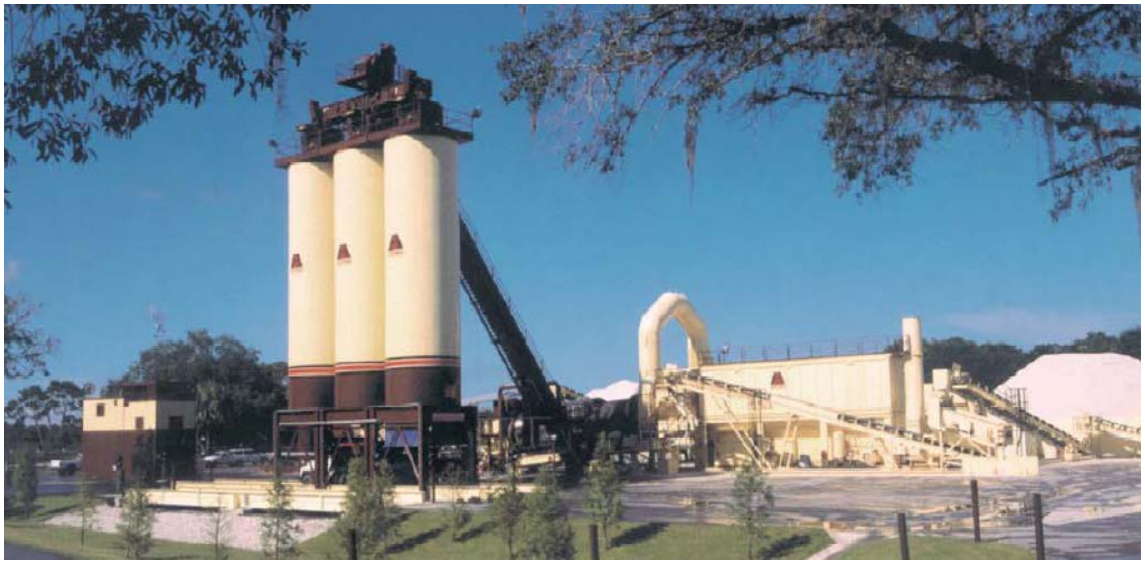
«-» ОТСУТСТВИЕ МОБИЛЬНОСТИ

ПОЛУСТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

«+» Возможность транспортирования при большом объеме производимой продукции

«±» Средняя скорость монтажа

«-» использование дополнительного оборудования при монтаже



МОБИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

«+» Современная идея АСУ

«+» Мобильность

«+» Компактность

«+» Перемещение вслед за строительным объектом

«-» меньшее количество рецептур

«-» конструктивная сложность

«-» низкая надежность

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА

1. Выделение критериев
2. Назначение коэффициентов весомости
3. Сравнение методом балльных оценок

КРИТЕРИИ

1. Технологические возможности (рецептура смесей)
2. Стоимость
3. Конструктивная сложность
4. Техническое совершенство
5. Требования к оборудованию территории (подготовка площадки)
6. Площадь территории
7. Время перебазирования, включая монтаж-демонтаж
8. Использование средств монтажа-демонтажа
9. Дополнительные механизмы и оборудование для осуществления технологического процесса
10. Управляемость АСУ, степень автоматизации
11. Удельные затраты энергии
12. Надежность оборудования
13. Экологическое загрязнение
14. Потери с возможными простоями
15. Условия работы персонала
16. Защита от влияния человеческого фактора
17. Трудоемкость обслуживания установок после внеплановых остановок и ремонта

ВЫЧИСЛЕНИЕ ИТОГОВЫХ БАЛЛОВ

$$Кв_i = \frac{Э_{ср\,i}}{\frac{n+1}{2} \cdot n} \cdot 100\%$$

$$Э_{ср\,i} = \sum_{i=1}^{N} \frac{Э_i}{N} \cdot 100\%$$

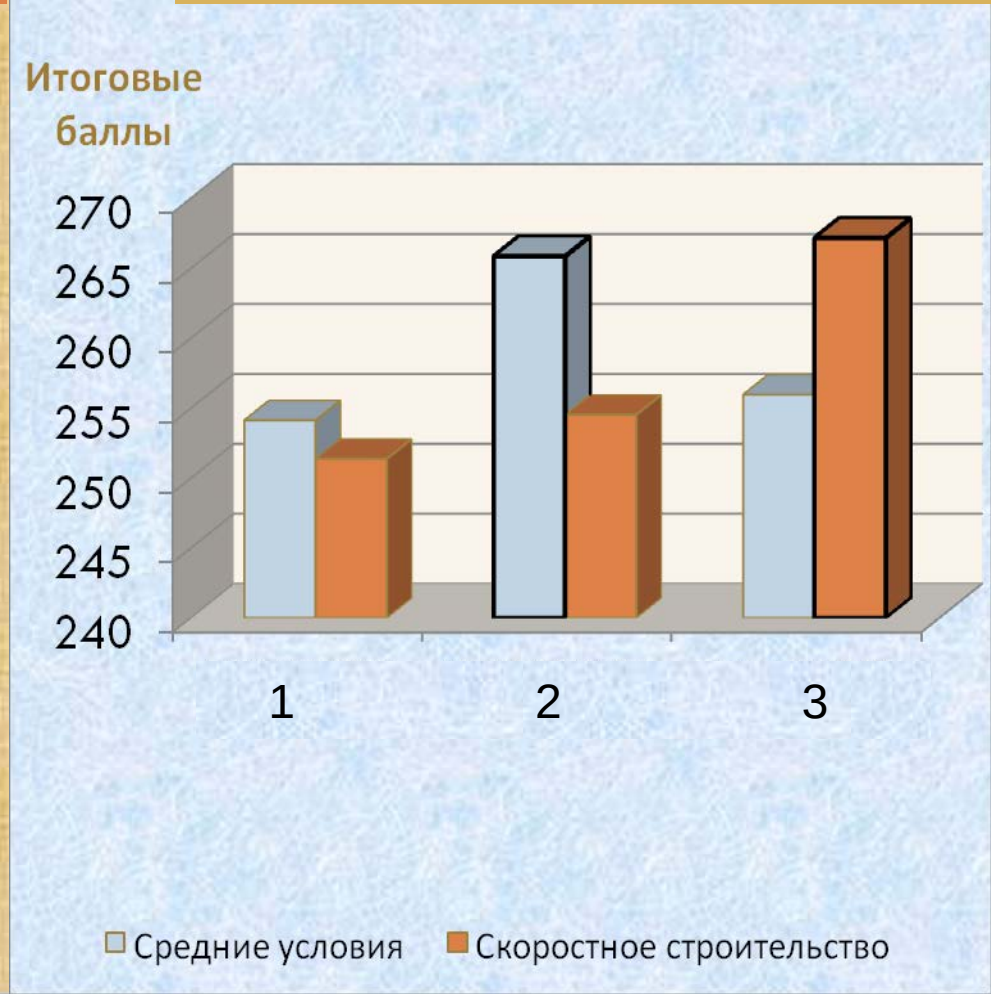
$$\Delta = \sum_{i=1}^{n} Кв_i \cdot K_i$$

где Δ – суммарный оценочный балл;
n – число критериев;
$Э_{ср}$ – средняя экспертная бальная оценка;
$Э_i$ – экспертная бальная оценка;
$Кв_i$ – i-тый коэффициент весомости;
$К_i$ – i-тый критерий.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПО МОДЕЛЯМ

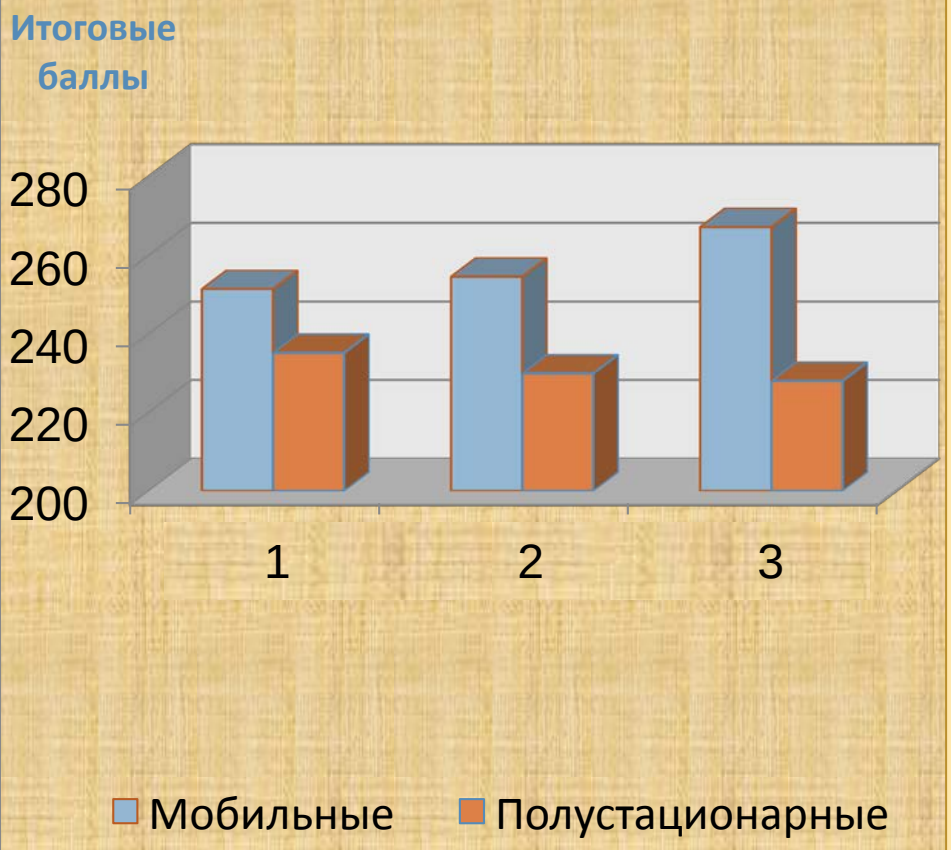
ПОЛУСТАЦИОНАРНЫЕ УСТАНОВКИ

МОБИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

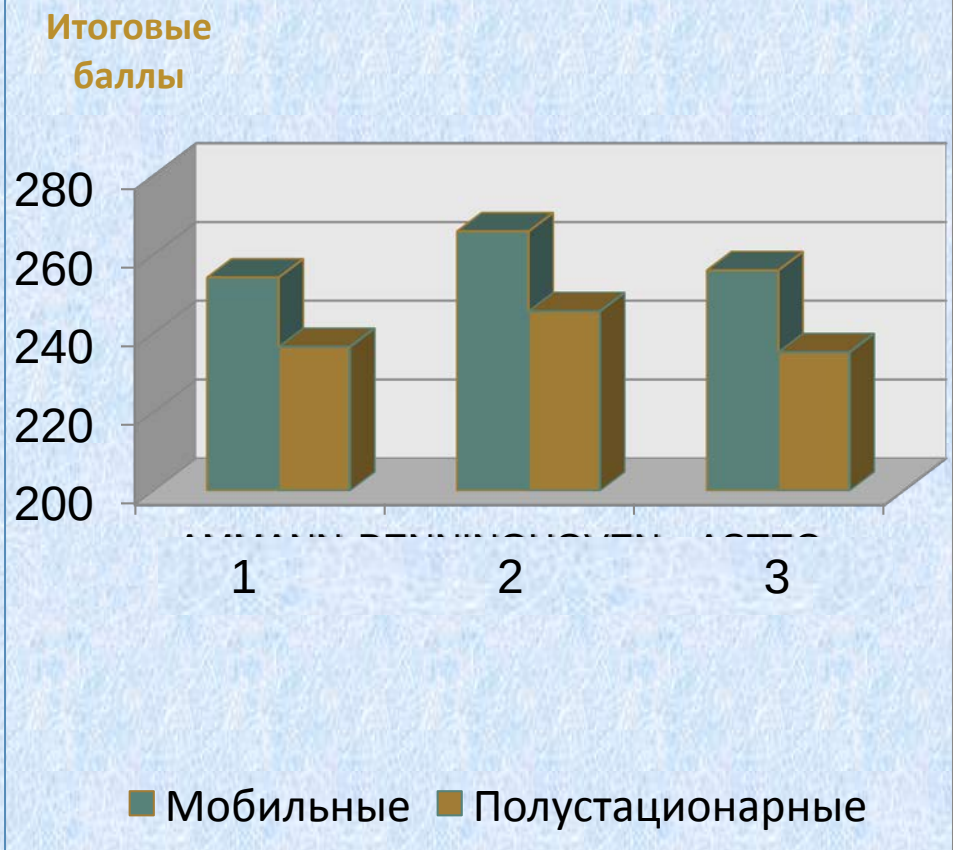


СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПО УСЛОВИЯМ

СКОРОСТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

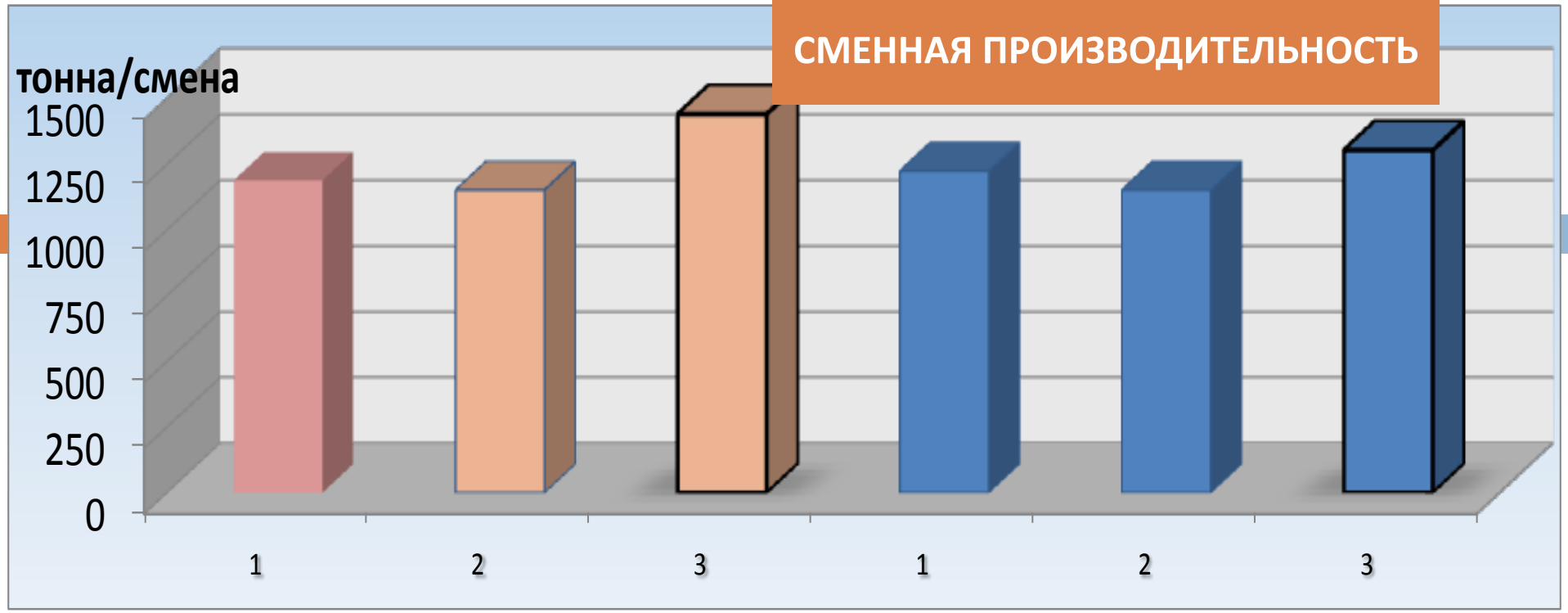


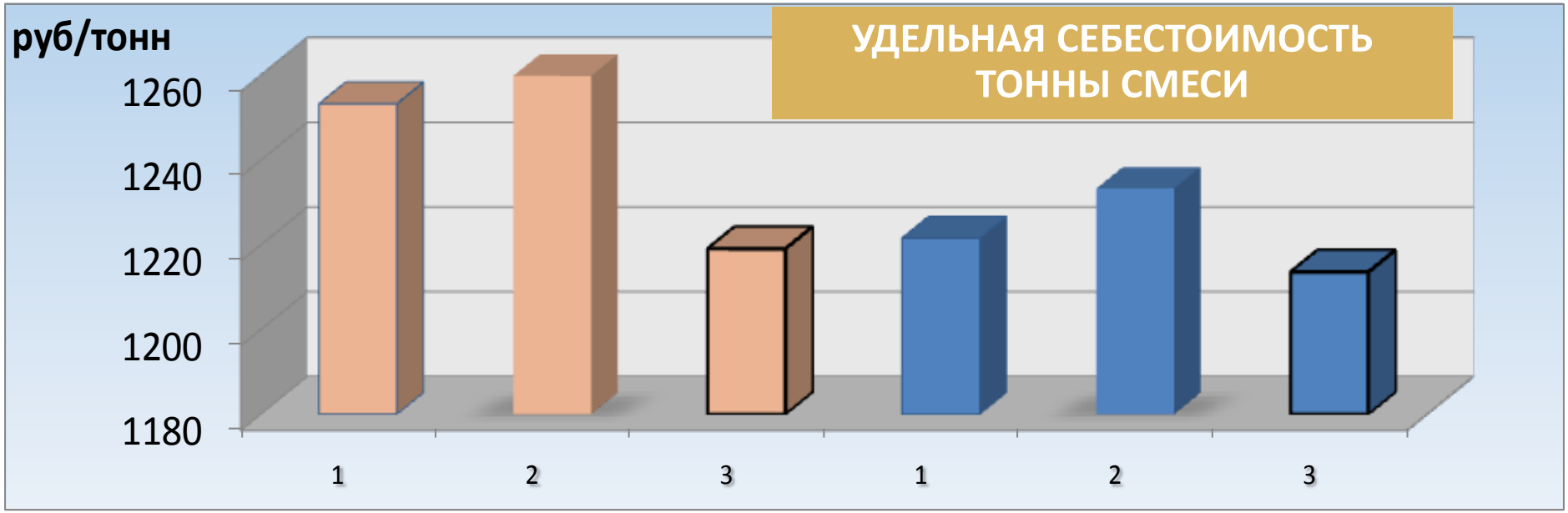
СРЕДНИЕ УСЛОВИЯ

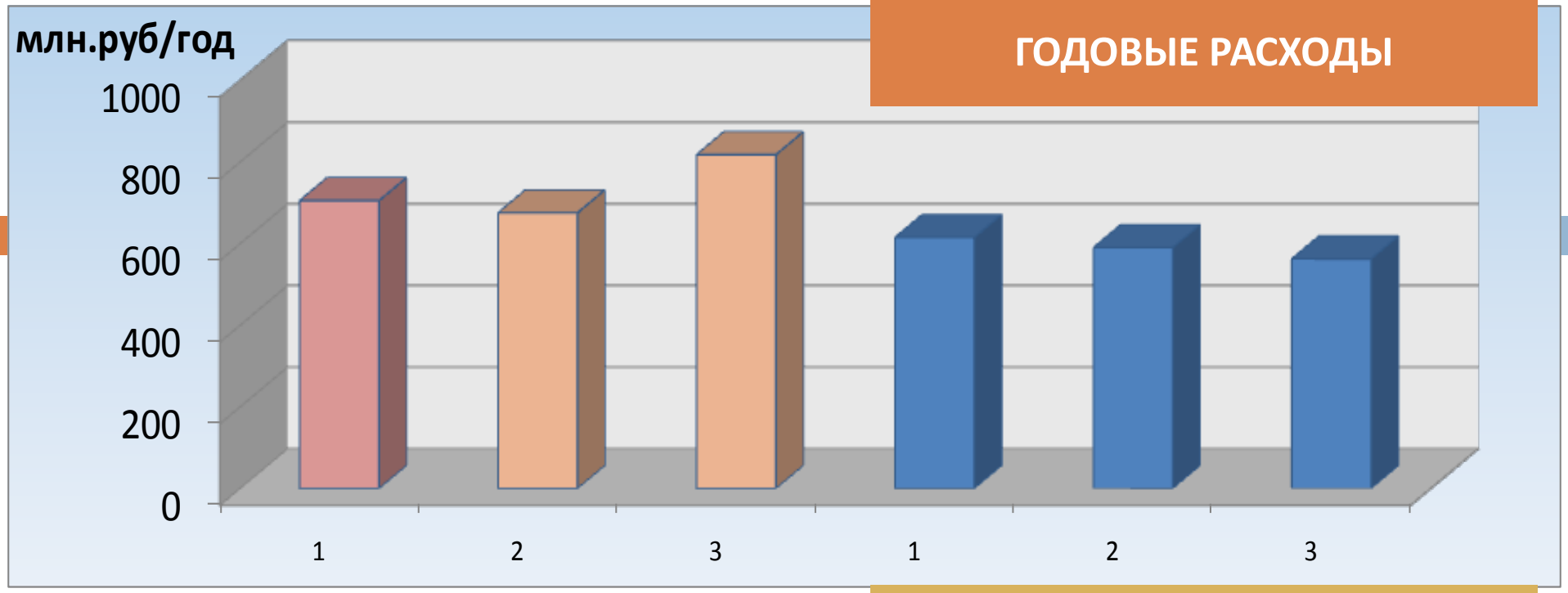


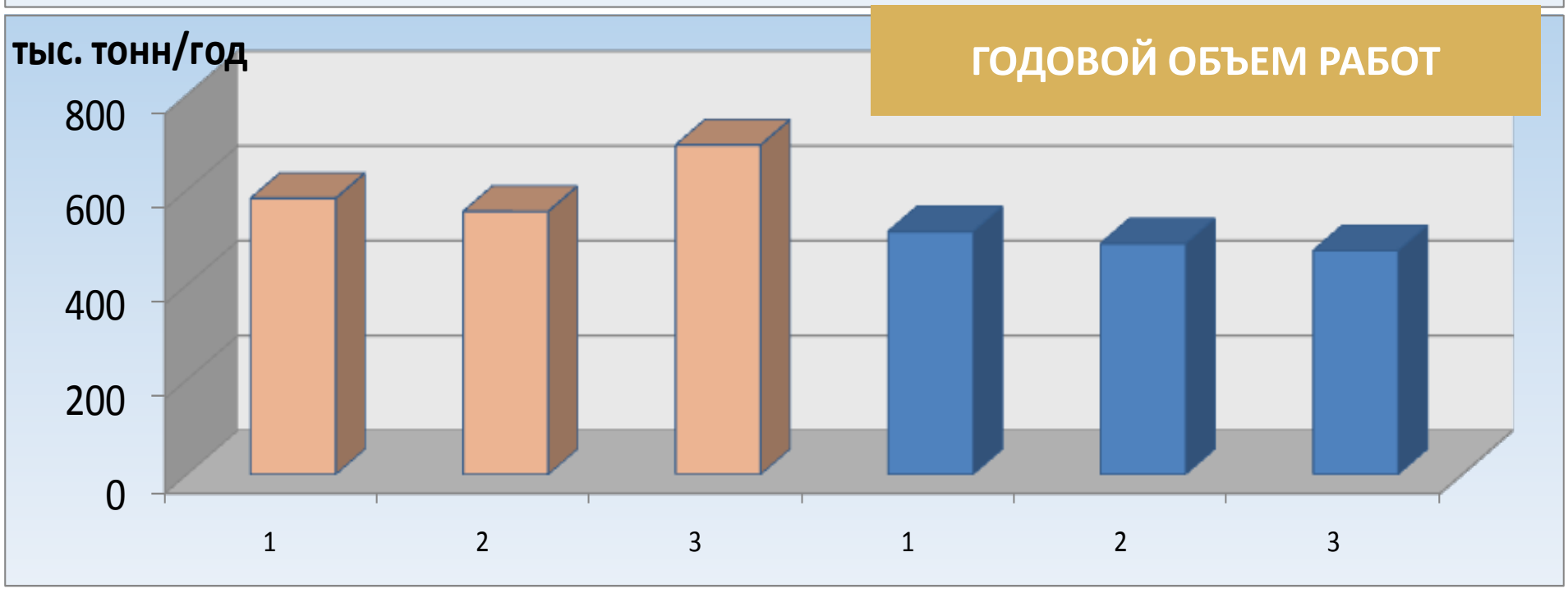
Число перебазирований в год

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ


СМЕННАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
тонна/смена
1500
1250
1000
750
500
250
0
1
2
3
1
2
3


УДЕЛЬНАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ ТОННЫ СМЕСИ
руб/тонн
1260
1240
1220
1200
1180
1
2
3
1
2
3


ГОДОВЫЕ РАСХОДЫ
млн.руб/год
1000
800
600
400
200
0
1
2
3
1
2
3


ГОДОВОЙ ОБЪЕМ РАБОТ
тыс. тонн/год
800
600
400
200
0
1
2
3
1
2
3

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО ПРЕИМУЩЕСТВ АСУ

- Максимальная прибыль при реализации проекта за 5 лет
- Оптимальная производственная база для создания АСУ
- Минимальное количество издержек при подготовке производства
- Высокая производительность и качество смеси
- Совершенство технологии производства смеси
- Максимальная степень автоматизации АСУ
- Максимальная защита окружающей среды

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

Критерий оценки: себестоимость производства тонны смеси

При ограничении: период производства объёма работ

Условия производства работ

Представлены как:

- величина объёма работ, которую можно обеспечить с одной установки АСУ (постоянна в течение года эксплуатации);
- дальность перебазирования АСУ (средняя постоянная в течение года эксплуатации);
- интенсивность использования сменного времени АСУ (коэффициент использования сменного времени).

Эксплуатационные издержки

Статьи издержек:

- поддержание надёжности (техническое обслуживание и текущий ремонт);
- расход энергоресурсов (топливо);
- расход материалов, используемых в технологическом процессе (компоненты производимой смеси);
- заработная плата работников АСУ;
- затраты на перебазирование;
- амортизационные отчисления;
- отчисления на капитальный ремонт;
- косвенные расходы (налоги, плата за использование помещений и территорий и пр).

О ПРИНЯТЫХ ДОПУШЕНИЯХ

- Есть информация, которая не разглашается фирмами-производителями, поэтому некоторые исходные данные к расчёту приняты усреднёнными для всех АСУ. Это следует учитывать при анализе результатов расчёта.
- Принимается, что все АСУ эксплуатируются в одинаковых условиях – это необходимо для обеспечения объективности сравнения. К этим относятся объёмы работ, выполняемые с одной установки (базирования) АСУ, коэффициент использования сменного времени и пр.
- Рабочий процесс АСУ принят состоящим из последовательности периодов производства объёмов работ и периодов, затрачиваемых на перебазирования, загрузка АСУ максимальна. Это соответствует скоростному строительству.

Расчёт технико-экономических показателей

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ							
		Мобильные			Полустационарные		
		Amman CMC	Benninghoven Bath Mobile	Astec TURBO - SIX-PACK	Amman Just Black 120	Benninghoven TBA K	Astec M-PACK
1	Стоимость АСУ, тыс. р.	39460	38264	57396	31820	29950	45173
2	Средняя часовая производительность, т/час	165	160	200	170	160	200
3	Средняя суммарная приводная мощность агрегатов, кВт	216,25	216,25	216,25	216,25	216,25	216,25
4	Срок службы АСУ, годы	10	10	20	15	15	20
5	Время, затрачиваемое на перебазирование, дни	2	4	3	19	19	15
6	Количество работников на АСУ	3	3	3	3	3	3
7	Коэффициент учёта простоев на поддержание надёжности	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
8	Средний удельный часовой расход топлива ДВС на АСУ, г/кВт·час	320	320	320	320	320	320
9	Часовой расход топлива горелки сушильного барабана, л/час	1600	1600	1300	1600	1600	1300
10	Стоимость исходного материала, р./т	1000	1000	1000	1000	1000	1000
11	Коэффициент использования сменного времени	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
12	Количество рабочих смен в сутках	2	2	2	2	2	2
13	Продолжительность смены, часы	8	8	8	8	8	8
14	Часовая тарифная ставка, р./час	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75	93,75
15	Объём работ на объекте, тонны	240000	240000	240000	240000	240000	240000
16	Стоимость дизельного топлива, р./кг	15	15	15	15	15	15
17	Переходной коэффициент от затрат на нагрев минеральных материалов к затратам на нагрев битума	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
18	Стоимость одного дня перебазирования, р.	30000	30000	30000	30000	30000	30000

Результат для объёма работ 240 тыс.тонн

РЕЗУЛЬТАТ для среднего годового объёма работ 240 000 т							
		Мобильные			Полустационарные		
		Amman CMC	Benninghoven Bath Mobile	Astec TURBO - SIX-PACK	Amman Just Black 120	Benninghoven TBA K	Astec M-PACK
1	Годовой фонд рабочего времени с учётом выходных и праздничных рабочих дней, перебазирований, дни	245,15	240,76	241,31	209,42	211,43	211,86
2	Затраты, тыс.р./смена:						
3	заработная плата	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88
4	топливо	188,57	188,57	154,15	188,57	188,57	154,15
5	поддержание надёжности	4,02	3,97	2,97	2,53	2,36	2,67
6	перебазирование	0,30	0,58	0,54	2,91	2,74	2,70
7	косвенные расходы	20,45	20,48	16,93	20,57	20,53	17,12
8	амортизационные отчисления	8,05	7,95	5,95	5,06	4,72	5,33
9	капитальный ремонт	3,22	3,18	2,38	2,03	1,89	2,13
10	материалы, используемые в процессе работы	1188,00	1152,00	1440,00	1224,00	1152,00	1440,0
11	Суммарные расходы (стоимость машино-смены), тыс.р./смена	***1416,50***	***1380,60***	***1626,80***	***1449,50***	***1376,70***	***1628,0***
12	Продолжительность производства работ, смены	***202,02***	***208,33***	***166,67***	***196,08***	***208,33***	***166,67***
13	Число перебазирований в год	***2,43***	***2,31***	***2,90***	***2,14***	***2,03***	***2,54***
14	Сменная производительность, т/смена	1188,00	1152,00	1440,00	1224,00	1152,00	1440,0
15	Себестоимость производства тонны смеси (с учётом стоимости исходного материала), р./тонна	***1234,90***	***1241,00***	***1155,20***	***1206,50***	***1217,20***	***1150,6***
16	Годовые расходы, млн.р./год	694,51	664,79	785,13	607,11	582,15	689,82
17	Годовой объём работ, тыс.т/год	***582,48***	***554,71***	***694,97***	***512,66***	***487,13***	***610,16***

ВЫВОДЫ ПО ПОЛУЧЕННОМУ РЕЗУЛЬТАТУ

Минимум себестоимости производства тонны смеси принадлежит установке Astec M-Pack – 1150,6 р./т (с учётом стоимости исходных материалов 1000 р./т), для установки Six-Pack этот показатель выше на 4,6 р./т, соответственно, при сменной производительности 1440 т/смена при 2 сменах работы в сутки, за месяц эксплуатационные издержки для M-Pack будут меньше на 30 тыс.р. Для установок Ammann и Benninghoven в сравнении с установками Astec издержки за месяц эксплуатации, при работе в 2 смены в сутки, будут больше примерно на 400-500 тыс.р.

Результат для объёма работ 100 тыс.тонн

	РЕЗУЛЬТАТ для среднего годового объёма работ 100 000 т.						
		Мобильные			Полустационарные		
		Amman CMC	Benninghoven Bath Mobile	Astec TURBO - SIX-PACK	Amman Just Black 120	Benninghoven TBA K	Astec M-PACK
1	Годовой фонд рабочего времени с учётом выходных и праздничных рабочих дней, перебазирований, дни	238,66	228,9	230,12	170,63	173,88	130,74
2	Затраты, тыс.р./смена:						
3	заработная плата	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88
4	топливо	188,57	188,57	154,15	188,57	188,57	154,15
5	поддержание надёжности	4,13	4,18	3,12	3,11	2,87	3,23
6	перебазирование	0,71	1,38	1,30	6,98	6,57	6,48
7	косвенные расходы	20,51	20,58	17,02	21,03	20,97	17,55
8	амортизационные отчисления	8,27	8,36	6,24	6,22	5,74	6,47
9	капитальный ремонт	3,31	3,34	2,49	2,49	2,30	2,59
10	материалы, используемые в процессе работы	1188,00	1152,00	1440,00	1224,00	1152,00	1440,0
11	Суммарные расходы (стоимость машино-смены), тыс.р./смена	***1417,40***	***1382,30***	***1628,20***	***1456,30***	***1382,90***	***1634,3***
12	Продолжительность производства работ, смены	***84,18***	***86,81***	***69,44***	***81,70***	***86,81***	***69,44***
13	Число перебазирований в год	***5,67***	***5,27***	***6,63***	***4,18***	***4,01***	***5,03***
14	Сменная производительность, т/смена	1188,00	1152,00	1440,00	1224,00	1152,00	1440,0
15	Себестоимость производства тонны смеси (с учётом стоимости исходного материала), р./тонна	***1235,60***	***1242,40***	***1156,20***	***1211,90***	***1222,60***	***1155,0***
16	Годовые расходы, млн.р./год	676,55	632,82	749,36	496,98	480,92	570,63
17	Годовой объём работ, тыс.т/год	***567,06***	***527,39***	***662,75***	***417,70***	***400,62***	***502,79***

ВЫВОДЫ ПО ПОЛУЧЕННОМУ РЕЗУЛЬТАТУ

Себестоимости производства тонны смеси у Six-Pack и M-Pack будут практически равны.

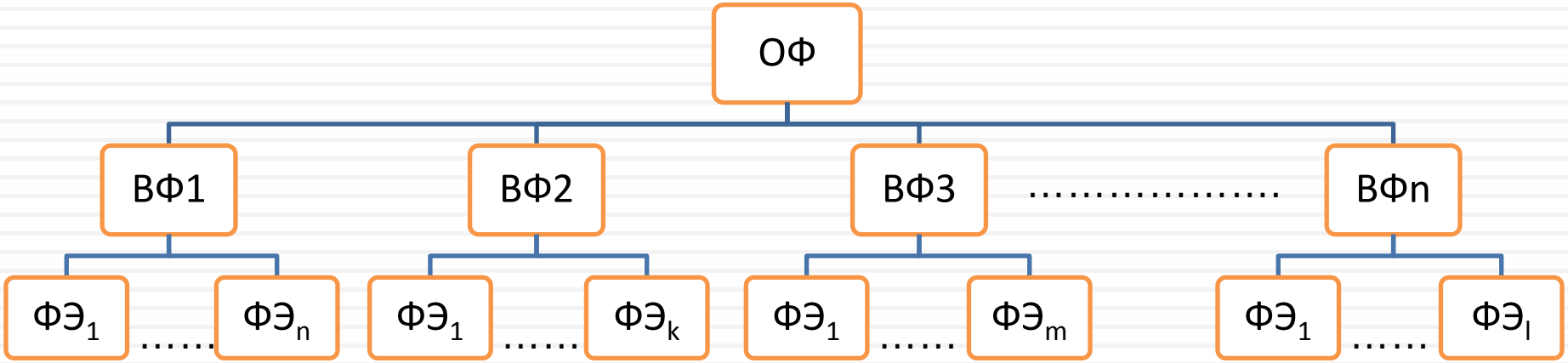
Величину объёма работ в 100 тыс. т можно считать пограничной, разделяющей области рационального применения мобильных и полустационарных установок ASTEC

Общие выводы по технико-экономической оценке

Таким образом, для описанных выше условий, в результате технико-экономической оценки наилучшими оказались:

- Astec TURBO- SIX-PACK при среднегодовых объёмах работ менее 100 000 т;
- Astec M-PACK при среднегодовых объёмах работ более 100 000 т.

СХЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ



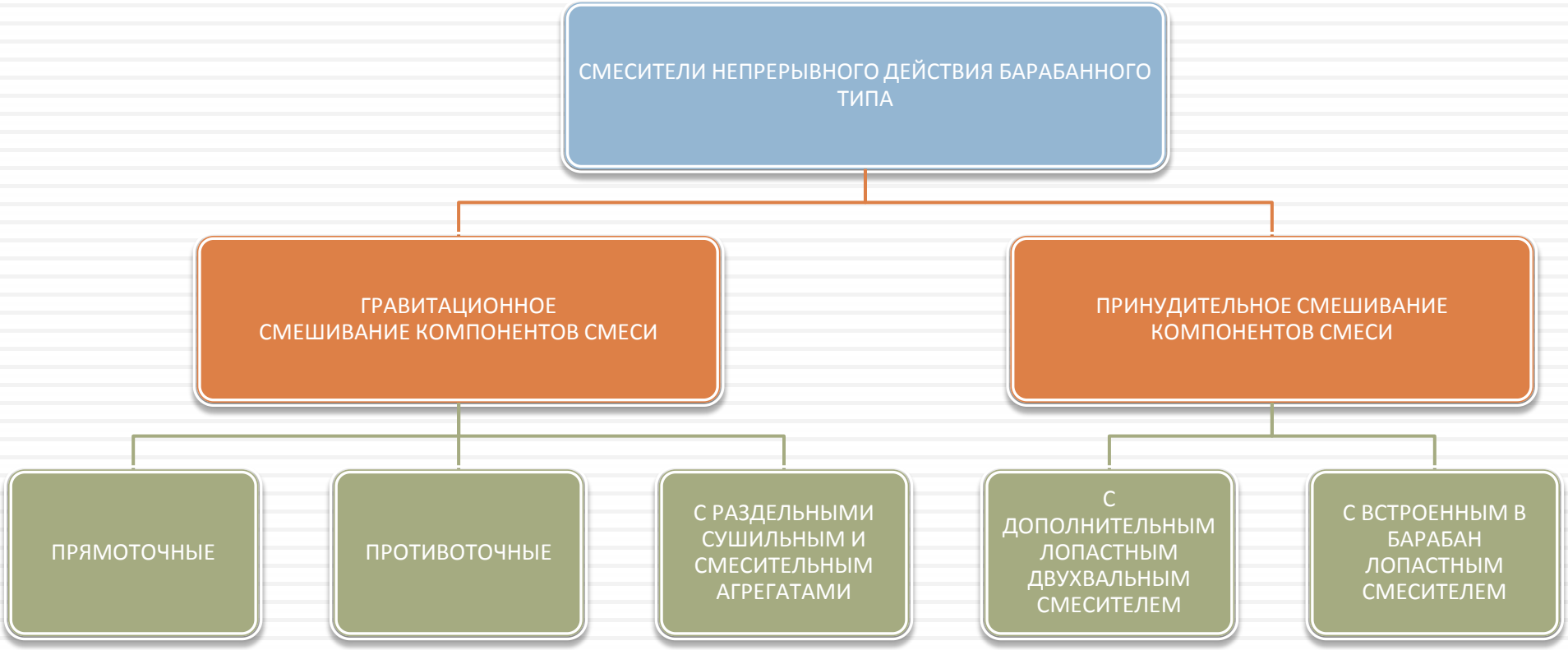
ОФ – основная функция

ВФ – вспомогательная функция

ФЭ – функциональный элемент

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ АСУ

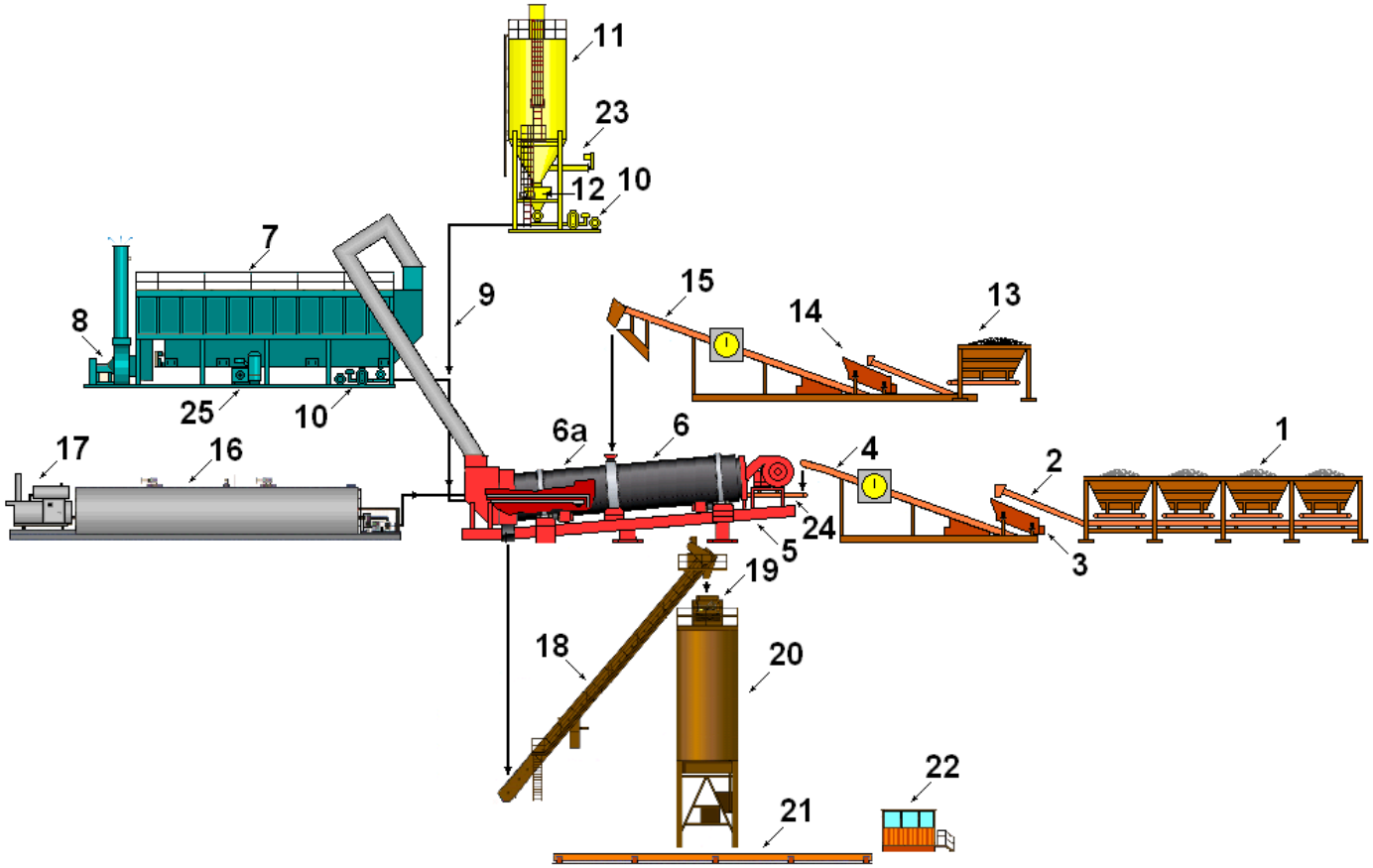
КЛАССИФИКАЦИЯ БАРАБАННЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ



КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЕСОМОСТИ

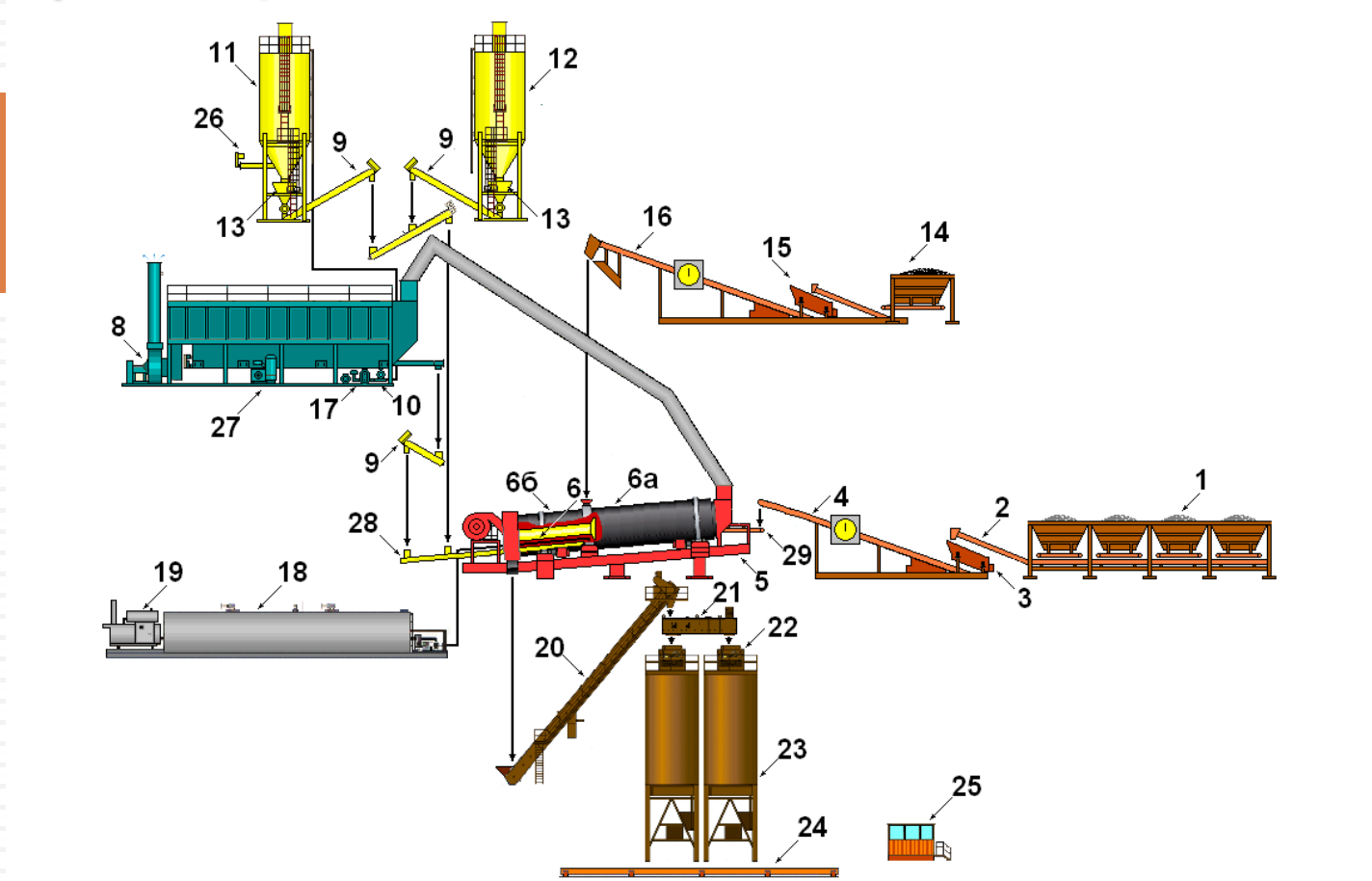
КРИТЕРИИ	Мобильные		Полустационарные	
	Среднее	Скоростное	Среднее	Скоростное
Технологические возможности (рецептура смесей)	6,38	2,48	6,67	2,23
Стоимость	5,56	3,24	5,83	1,57
Конструктивная сложность	4,32	4,12	3,96	3,96
Техническое совершенство	4,53	7,69	5,00	8,45
Требования к оборудованию территории (подготовка площадки)	3,50	1,23	4,79	0,08
Площадь территории	3,91	2,40	4,58	1,15
Время перебазирования, включая монтаж-демонтаж	5,97	9,12	5,21	9,88
Использование средств монтажа-демонтажа	5,56	5,60	3,54	9,54
Дополнительные механизмы и оборудование для осуществления технологического процесса	5,56	7,90	5,21	9,45
Управляемость АСУ, степень автоматизации	6,17	8,50	7,29	9,12
Удельные затраты энергии	6,58	3,15	6,04	1,44
Надежность оборудования	8,23	10,00	8,33	10,00
Экологическое загрязнение	8,02	4,12	8,13	2,56
Потери с возможными простоями	4,94	9,50	6,25	9,90
Условия работы персонала	7,41	4,52	6,67	3,25
Защита от влияния человеческого фактора	6,58	6,58	5,83	8,78
Трудоемкость обслуживания установок после внеплановых остановок и ремонта	6,79	9,85	6,67	8,64

АСУ непрерывного действия с прямоточным сушильно-смесительным агрегатом барабанного типа с гравитационным смешиванием компонентов смеси



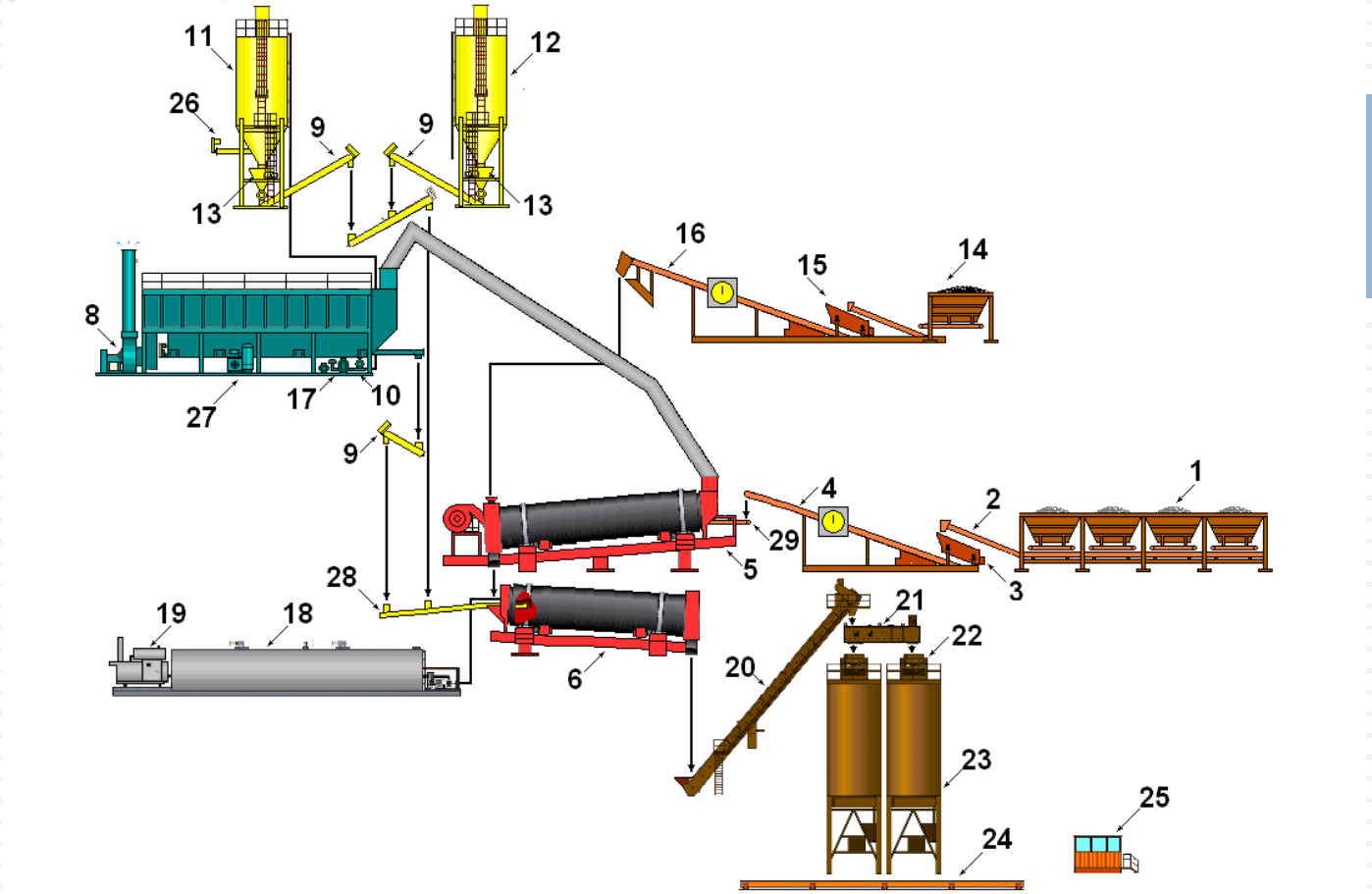
1 – бункеры-дозаторы; 2 – сборный конвейер; 3 – грохот негабарита; 4 – конвейер с весовым модулем; 5 – сушильно-смесительный барабан; 6 – зона сушки; 6а – зона смешивания; 7 – рукавный фильтр; 8 – вытяжной вентилятор; 9 – конвейер; 10 – система удаления пыли; 11 – силос минерального порошка; 12 – весовой дозатор; 13 – бункер старого асфальтобетона; 14 – грохот негабарита; 15 – конвейер с весовым модулем; 16 – битумная цистерна; 17 – нагреватель масляного теплоносителя; 18 – подающий скребковый конвейер; 19 – буферный бункер; 20 – силос хранения смеси; 21 – автомобильные весы; 22 – кабина управления; 23 – шнек удаления излишков пыли; 24 – конвейер сушильного барабана; 25 – компрессор

АСУ непрерывного действия с противоточным сушильно-смесительным агрегатом барабанного типа с гравитационным смешиванием компонентов смеси



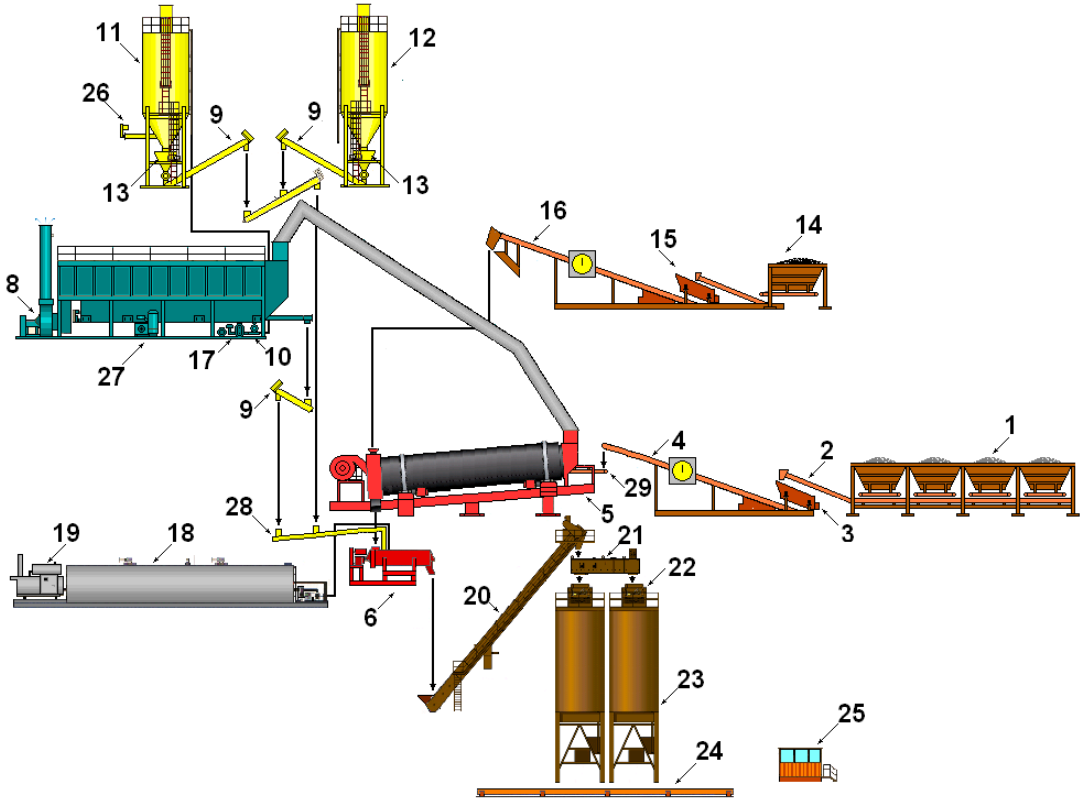
1 – бункеры-дозаторы; 2 – сборный конвейер; 3 – грохот негабарита; 4 – конвейер с весовым модулем; 5 – сушильно-смесительный барабан; 6 – кожух горелки; 6а – зона сушки; 6б – зона смешивания; 7 – рукавный фильтр; 8 – вытяжной вентилятор; 9 – винтовой конвейер (шнек); 10 – система удаления пыли; 11 – силос пыли; 12 – силос минерального порошка; 13 – весовой дозатор; 14 – бункер старого асфальтобетона; 15 – грохот негабарита; 16 – конвейер с весовым модулем; 17 – воздуходувка; 18 – битумная цистерна ; 19 – нагреватель масляного теплоносителя; 20 – подающий скребковый конвейер; 21 – поперечный конвейер; 22 – буферный бункер; 23 – силос хранения смеси; 24 – автомобильные весы; 25 – кабина управления; 26 – шнек удаления излишков пыли; 27 – компрессор; 28 – загрузочный шнек; 29 – конвейер сушильного барабана.

АСУ непрерывного действия с последовательными сушильным и смесительным агрегатами барабанного типа с гравитационным смешиванием компонентов смеси



1 – бункеры-дозаторы; 2 – сборный конвейер; 3 – грохот негабарита; 4 – конвейер с весовым модулем; 5 – сушильный барабан; 6 – барабанный смеситель с гравитационным смешиванием компонентов смеси; 7 – рукавный фильтр; 8 – вытяжной вентилятор; 9 – винтовой конвейер (шнек); 10 – система удаления пыли; 11 – силос пыли; 12 – силос минерального порошка; 13 – весовой дозатор; 14 – бункер старого асфальтобетона; 15 – грохот негабарита; 16 – конвейер с весовым модулем; 17 – воздуходувка; 18 – битумная цистерна; 19 – нагреватель масляного теплоносителя; 20 – подающий скребковый конвейер; 21 – поперечный конвейер; 22 – буферный бункер; 23 – силос хранения смеси; 24 – автомобильные весы; 25 – кабина управления; 26 – шнек удаления излишков пыли; 27 – компрессор; 28 – загрузочный шнек барабанного смесителя; 29 – конвейер сушильного барабана.

АСУ с лопастным двухвальным смесителем непрерывного действия



1 – бункеры-дозаторы; 2 – сборный конвейер; 3 – грохот негабарита ; 4 – конвейер с весовым модулем; 5 – сушильный барабан; 6 – двух вальный непрерывный лопастной смеситель; 7 – рукавный фильтр; 8 – вытяжной вентилятор; 9 – винтовой конвейер (шнек); 10 – система удаления пыли; 11 – силос пыли; 12 – силос минерального порошка; 13 – весовой дозатор; 14 – бункер старого асфальтобетона; 15 – грохот негабарита; 16 – конвейер с весовым модулем; 17 – воздуходувка; 18 – битумная цистерна; 19 – нагреватель масляного теплоносителя; 20 – подающий скребковый конвейер; 21 – поперечный конвейер; 22 – буферный бункер; 23 – силос хранения смеси; 24 – автомобильные весы; 25 – кабина управления; 26 – шнек удаления излишков пыли; 27 – компрессор; 28 – загрузочный шнек барабанного смесителя; 29 – конвейер сушильного барабана.

В работе сравнивались асфальтосмесительные установки производителей:

1 – Ammann

2 – Benninghoven

3 – Astec

Достоинства МСУ

• применение промышленных модулей и полная гальваническая развязка всех сигналов обеспечивает высокую надёжность системы управления;
• непрерывный контроль состояния механизмов установки и основных технологических параметров;
• автоматический запуск асфальтосмесительной установки с автоматическим розжигом и подачей каменных материалов при достижении заданной температуры отходящих газов;
• автоматический режим работы всех участков установки;
• автоматическое поддержание режимов горения, заданной температуры каменных материалов и заданного разрежения в сушильном барабане по математической модели сушильного барабана, с учётом подачи и рецептуры;
• наличие блокировок, обеспечивающих безаварийность работы;
• использование «упреждения» на закрытие затворов для повышения точности дозирования фракций;
• автоматический расчёт «упреждения» с помощью оценки скорости дозировки материала;
• предварительное дозирование на питателях агрегата питания с плавным регулированием производительности по рецептуре; ведение архивов рецептов (более 1000);
• быстрый переход на выпуск смеси по заранее заданным рецептам;
• контроль температуры каменных материалов и отходящих газов в сушильном барабане, асфальта в бункере готовой смеси, битума в емкостях и в битумопроводах перед дозатором;
• выдача оператору информационных, предупредительных и аварийных сообщении;
• полный учёт произведённого асфальта и расходования материалов с возможностью просмотра и распечатки результатов на принтере;
• возможность измерения температуры готового асфальта в скиповой тележке или в кузове автомобиля посредством пирометрического датчика;
• возможность комплектации системы управления аналоговыми датчиками уровня материалов;
• возможность интеграции системы управления в систему учёта предприятия на базе 1 С-бухгалтерии;
• система управления может комплектоваться системой удалённого монитора и статистики с возможностью передачи данных по сети.

Благодаря этим качествам сводится к минимуму влияние человеческого фактора, уменьшаются межремонтные простои, обеспечивается высокое качество асфальта на протяжении всего периода работы установки. Все этапы технологического процесса отображаются на технологическом экране монитора, обеспечивая оператора всей необходимой информацией. Наличие удалённого монитора позволяет проводить дистанционный мониторинг системы вплоть до замены ПО и выдачи рекомендации по оптимизации работы установки. МСУ используется как в серийных установках, так и при модернизации асфальтосмесительных установок прежних лет выпуска.