

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

### International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2022 Issue: 04 Volume: 108

Published: 30.04.2022 <http://T-Science.org>

Issue

Article



K. S. Yussupova

Taraz Regional University named after Dulati  
Master of technical

## FACTORS AFFECTING THE PERFORMANCE OF CONCRETE MIXERS

**Abstract:** The article analyzes the main factors affecting the performance of self-propelled concrete mixers during the delivery of ready-mixed concrete from the CMP to the construction site. The technological and technical perfection of the ATM is determined by the assessment of the degree of compliance of the principles of operation, parameters of the ATM and equipment with the conditions of the process as a whole and its individual operations, as well as the quality of the performed work. A comparative assessment of various ATM designs according to individual and complex indicators of the efficiency and technical and economic level of ATM in technological schemes of operation, taking into account operating conditions.

**Key words:** concrete mixer truck, mix, concrete, temperature.

**Language:** Russian

**Citation:** Yussupova, K. S. (2022). Factors affecting the performance of concrete mixers. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (108), 738-745.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-04-108-90> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2022.04.108.90>

**Scopus ASCC:** 2200.

### ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ АВТОБЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ

**Аннотация:** В статье проанализированы основные факторы влияющие на показатели работы самоходных автобетоносмесителей при доставке товарного бетона от БСУ к объекту строительства. Технологическое и техническое совершенство АБС определено оценкой степени соответствия принципов работы, параметров АБС и оборудования условиям выполнения процесса в целом и отдельных его операций, а также качеством выполняемых работ. Дана сравнительная оценка различных конструкций АБС по единичным и комплексным показателям эффективности и технико-экономического уровня АБС в технологических схемах работы с учетом условий эксплуатации.

**Ключевые слова:** автобетоносмеситель, смесь, бетон, температура.

#### Введение

Основными факторами влияющими на показатели работы самоходных автобетоносмесителей при доставке товарного бетона от БСУ к объекту строительства являются: условия доставки, бетона к объекту строительства, температурные условия и начальная подвижность бетона, длительность нахождения перевозимой смеси в пути внедорожного покрытия организационно-строительные условия в процессе доставки бетонных смесей [1-15].

При выборе способа и средств доставки необходимо учитывать условия, определяющие процесс доставки, основными из которых

являются климатические, дорожные и организационно-строительные [9, 10, 18, 19, 20, 24].

Значительный объем бетонной смеси в странах СНГ и РК доставляется в условиях отрицательных температур, что ведет к существенному переохлаждению смесей и является причиной больших затрат на их разогревание при приготовлении и укладке, а также к дополнительному расходу воды и цемента, вызванному необходимостью обеспечения заданной исходной подвижности смеси при ее повышенном разогреве. Вместе с тем, из технологии бетонов известно, что перегрев

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

смесей, а также их частичное «пригорание» по мере интенсивного обогрева недопустима, так как приводят к ускоренному гелеобразованию и схватыванию, а также к значительным потерям бетонных смесей и высоким трудозатратам на их выгрузку. В связи с этим назрела необходимость выявить механизм охлаждения бетонной смеси.

С этой целью в производственных условиях при температурах окружающего воздуха –  $t$  – от +35 градусов до – 42 были проведены специальные эксперименты по перевозке бетонных смесей. В экспериментах использовались автобетоносмесители с неотогретыми и предварительно подогретыми перед загрузкой, а также с постоянно подогреваемыми кузовами. Эксперименты показали, что процесс охлаждения смеси и общие ее теплопотери могут быть представлены в виде двух слагаемых .

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{тр}} + \Delta Q_k$$

$$\Delta t = \Delta t_{\text{тр}} + \Delta t_k$$

где  $\Delta Q_k$  и  $\Delta t$  – соответственно абсолютные тепло– и температура потери в результате транспортировки;

$\Delta Q_{\text{тр}}$  и  $\Delta t_{\text{тр}}$  – соответственно тепло – и температура потери собственно загружаемой в барабан смеси в результате транспортирования;

$\Delta Q_k$  и  $\Delta t_k$  – тепло и температурапотери смеси, возникающие от ее первоначального

контакта с охлажденным в порожнем рейсе барабаном автобетосмесителя.

Для ликвидации  $\Delta Q_k$  и  $\Delta t_k$  кузова или смесительные барабаны должны быть разогреты перед их загрузкой бетонной смесью, причем разогрев должен производиться непосредственно перед укладкой.

$X$ , кузова которых не оснащены термоизоляцией, где  $t$  – температура бетонной смеси,  $T$  – интервал времени замеров,  $t$  – температура воздуха при перевозке.

### Снижение температуры смеси в зависимости от ее исходных значений и температур воздуха при перевозке

Здесь необходимо сказать, что одной из основных особенностей подбора бетона является необходимость учета существующей пропорциональной зависимости между температурой бетонной смеси и ее начальной подвижностью, которая прямо пропорциональна количеству воды, находящейся в смеси [19, 20].

Ориентировочные величины изменения расходов воды в бетоне, необходимой для получения бетонной смеси одинаковой исходной подвижности в зависимости от температуры смеси приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость изменения расходов воды в бетоне от температуры смеси.

Температура смеси в градусах по Цельсию	10	15	20	25	30	35
Относительный расход воды в процентах	94-97	7-99	100	102-104	103-107	108-110

Увеличение расхода воды приводит к увеличению водоцементного отношения и, следовательно, к понижению прочности бетона. Поэтому для получения заданной марки бетона (при равноконсистентных смесях) в таких условиях требуется прямо пропорционально увеличить расход цемента.

При увеличении температуры смеси на 10 градусов перерасход цемента в зависимости от его вида и марки бетона может составлять от 10-15 до 35-45 кг/м<sup>3</sup> перевозимой бетонной смеси.

В связи со сказанным выявляется крупная задача в рыночных условиях – создание специализированных автомобилей с подогреваемыми (термоактивными) кузовами и смесительными барабанами для эксплуатации в условиях низких отрицательных температур и

термоизолированными или охлаждаемыми для эксплуатации при незначительных отрицательных и высоких положительных температурах. Конструкции этих машин также должны позволить ликвидировать попадание в них осадков, так как последние по изложенному выше механизму также приводят либо к снижению прочности бетона, либо к перерасходу цемента.

### Влияние длительности нахождения перевозимой смеси в пути в вида дорожного покрытия

В связи со схватыванием и расслоением длительность нахождения бетонной смеси в пути в зависимости от ее вида и способа доставки резко ограничена и регламентирована [11, 18, 21, 24].

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

При этом при перевозке готовых смесей по дорогам с грунтовым покрытием допустимое расстояние примерно в два раза меньше, чем по дорогам с твердым покрытием, а использование в этих случаях автобетоносителей нерационально из-за выхода из строя.

Оптимальным можно считать применение автобетоновозов при доставке смесей без их побуждения на расстояние до 20 км. При доставке смесей на расстояние свыше 20 км необходимо применять другие способы доставки.

Ввиду того, что при доставке готовых смесей их подвижность падает, а обеспечение ее проектного значения связано с перерасходом цемента, в целях его снижения в некоторых случаях возможно применение химических добавок, введение раствора которых в бетонную смесь целесообразно осуществлять во время или после транспортировки, но до момента перемешивания и выгрузки[25]. В связи с этим, должны иметь специально футерованные баки или отсеки для хранения растворов этих добавок, а также устройство для их ввода и перемешивания со смесью[25].

Обычно применяемыми добавками являются противоморозные и пластификаторы [25]. В качестве противоморозных добавок наиболее часто используются CaCl, NaCl, NaNO, CaNO, поташ, мочевины и их соединения [25]. Количество этих добавок в безводном (неразбавленном) состоянии может достигать до 15% от веса цемента[25]. В качестве пластификаторов используются сульфитно-дрожжевая бражка – СДБ, суперпластификатор С – 3, жидкое стекло и т.п. [25]; их количество в безводном состоянии может достигать до 3% от веса цемента, добавки растворяются в воде[25].

Виды дорожного покрытия, по которому осуществляется доставка, должны быть учтены автомобилестроителями при разработке базового шасси[25]. Для снижения влияния вибрации на перевозимую смесь кузов транспортного средства должен быть оснащен дополнительными амортизаторами[25].

### Влияние организационно-строительных условий на процесс доставки бетонных смесей [25]

Основными организационно-строительными условиями являются [6, 13, 16, 18, 24], [25]:

- вид строительства[25];
- необходимость крупно и мелкопорционной доставки с возможностью развозки по объектам[25];
- возможность совмещения доставки смеси с ее внутриобъектной подачей или укладкой[25];
- темп бетонирования внутри объектной укладки стен[25];

– сосредоточенность, рассредоточенность строительства и порционность доставки[25];

– необходимость универсализации и унификации средств доставки[25];

– необходимость использования выпускаемых отечественной промышленностью автошасси и параметризации автобетоновозов[25].

При сосредоточенном строительстве применение автобетоновозов эффективно[25]. Если при этом бетонирование ведется с помощью бетононасосов, то эффективно применение бетоновозов со смесителями-перегрузчиками[25]. При рассредоточенном строительстве возможно применение различных типов бетонотранспортного оборудования, учитывающего характер самого строительства[25]. При массовом применении бетона целесообразно использование автобетоносмесителей[25]. При значительности строительно-монтажных работ и наличии для этих целей подъемного крана целесообразна доставка смесей автобадьевозами[25].

В определенных видах строительства необходима мелкопорционная доставка (развозка) бетонных смесей[25]. К таким объектам относятся сельскохозяйственные постройки, линии ЛЭП и другие виды электропередач [25], коммунальное строительство и т.д. Эти виды строительства на бетонных работах составляют примерно 20-25% от общего объема бетонных работ. Мелкопорционная доставка (развозка) осложняется тем, что объекты могут находиться на значительном удалении, а время такой доставки примерно в 1,5-1,7 раза больше, чем однопорционной (обычной) на те же расстояния. Это влечет за собой не только необходимость дозирования мелких порций, но что весьма важно, необходимость перевозки сухих смесей и приготовления из них готовыми этими же автомобилями. В настоящее время таких работоспособных машин в странах СНГ нет. За рубежом для этих целей используются машины для одновременной раздельной доставки составляющих и приготовления смеси.

### Выбор критериев оценки технического и технологического совершенства процесса доставки товарного бетона АБС.

Для успешного проведения оптимизационных расчетов необходимы показатели оценки качества эффективности процесса и машины или в общем случае, оптимизируемого объекта[25]. Показатели, выбранные для оценки оптимальности искомых параметров в задачах оптимального проектирования или управления, называют критериями оптимизации или критериями

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

оптимальности[25]. Понятие оптимальности без определенного критерия не имеет смысла[25].

Целевой функцией (функцией цели или функцией качества) является функция, выражающая зависимость критерия оптимальности от параметров оптимизируемой системы[25]. В случаях, когда задача требует определения зависимости критерия оптимальности от какого-то аргумента, вместо целевой функции используется целевой функционал[25].

Однокритериальные задачи оптимизации заключаются в поиске из множества допустимых таких параметров систем, обладая которыми, они будут функционировать так, чтобы некоторый (один) критерий оптимальности достиг минимального или максимального значения[25].

В многокритериальных задачах другие требования: стремление к максимуму или минимуму, а также предъявления различных условий к нескольким критериям[25].

При выборе критериев для оптимизации[25]: технологии приготовления бетонной смеси, доставки последней с учетом температуры окружающей среды[25], длительности транспортирования и вида дорожного покрытия самоходными АБС к строительному объекту[25], следует иметь в виду, что каждый АБС или каждый технологический процесс[25], разрабатываемые, внедряемые или уже применяемые должны удовлетворять социальным, экономическим и техническим требованиям[25].

Одним из важных требований являются технические требования к конструкциям АБС и к технологическим процессам доставки бетонной смеси к строительному объекту[25], которые предусматривают при проектировании машин и организации строительных работ использование современных достижений науки и техники[25].

При эксплуатации самоходных АБС о совершенстве их конструкций судят по величине производительности за единицу времени, продолжительности рабочего цикла доставки к строительному объекту готовой бетонной смеси, удельному расходу топлива, уровню механизации и автоматизации строительных работ, универсальности самоходных АБС, безопасности и санитарно-гигиеническим условиям труда.

Имеются показатели и для оценки технического уровня выполняемых процессов строительного производства. К ним следует отнести следующие: выработку и доставку готовой бетонной смеси к строительному объекту (объем готовой бетонной смеси, производительность) в единицу времени; удельные показатели затрат машинного времени; производительность труда на основных и вспомогательных строительных работах;

соотношение численности рабочих на основных и вспомогательных работах; уровень механизации труда и т.д.

Оптимизировать параметры и свойства самоходных АБС по всем выше перечисленным показателям практически невозможно.

Реальным представляется выбор единого обобщенного показателя и принятие его за критерий оптимизации, последовательная оптимизация по наиболее важным из перечисленных показателей и оптимизация по нескольким критериям (многокритериальная оптимизация).

Выбрать или даже специально разработать и использовать один обобщенный критерий в любой задаче оптимального управления невозможно. Для решения ряда задач одного критерия недостаточно. Если мы будем оптимизировать параметры самоходных АБС только по экономическим критериям, то упустим многие конструктивные качества; оптимизируя процесс приготовления бетонной смеси только по объему готового замеса, не сможем учесть производительность труда и т.д. Следовательно, принимая за основу однокритериальную оптимизацию, следует иметь в виду, что оптимальное проектирование совершенных АБС и технологических процессов доставки готовой бетонной смеси к строительному объекту, оптимальное управление ими возможно только при использовании системы критериев путем последовательной оптимизации, выбора более обобщенных критериев, формирования ограниченной по величине показателей, не используемых в качестве критериев.

Смысл определения технологического совершенства самоходных АБС заключается, во-первых, в оценке степени соответствия принципов работы, параметров АБС и оборудования условиям выполнения процессов приготовления бетонной смеси и доставки к строительному объекту в целом и отдельных их операций, во-вторых, в оценке качества выполняемых строительных работ.

Технический и технологический уровень процессов приготовления, доставки и укладки готовой и бетонной смеси тесно связан с совершенством используемых в этих процессах самоходных автобетоносмесителей, поэтому необходимы использовать показатели, которые оценивают как машины, так и процессы. К таким показателям следует отнести следующие [24]:

1. Уровень механизации строительных работ

$$V_{м.р} = \frac{V_{об.смп.р}}{V_{мех.смп.р}}, \quad (1)$$

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

где  $V_{об.стр.р.}$  – общий объем строительных работ;  
 $V_{мех.стр.р.}$  – объем механизированных строительных работ;

2. Уровень механизации труда на операции (приготовления, доставки бетонной смеси и т.д.)

$$V_{м.т.оп} = \frac{T_{общ.вр.} * N_{раб.оп}}{T_{вр.маш.оп}}, \quad (2)$$

где  $T_{вр.маш.оп.}$  – общие затраты времени рабочими на выполнение операции (приготовления, доставки или укладки готовой бетонной смеси и т.д.);  $T_{общ.вр.}$  – затраты времени на выполнение машинных операций одним рабочим (доставка готовой бетонной смеси АБС);  $N_{раб.оп.}$  – число рабочих (водителей АБС или рабочих обслуживающих операции приготовления БС на БСУ);

3. Коэффициент механизаций операций (приготовления, доставки или укладки готовой БС).

$$K_{мех} = \frac{n_{мех.эл.оп}}{n_{об.эл}}, \quad (3)$$

где  $n_{об.эл.}$  – общее число элементов, составляющих операцию (по приготовлению, доставке или укладке готовой БС);  $n_{мех.эл.оп}$  – число механизированных элементов операции;

4. Коэффициент технического использования оборудования (по приготовлению или укладке БС) по времени

$$K_{т.исп.вр} = \frac{T_{раб}}{T_{пр.орг} + T_{пр.рем} + T_{раб}}, \quad (4)$$

где  $T_{раб}$  – время работы агрегатов БСУ или АБС при выполнении операций приготовления доставки и укладки готовой БС на строительном объекте;  $T_{пр.орг.}$  – простой по организационным причинам;  $T_{пр.рем.}$  – простой в ремонте в обслуживании и при ожидании ремонта и обслуживания.

5. Энерговооруженность труда

$$\mathcal{E}_{тр} = \frac{N_{уст.миоб.}}{n_{раб.приоб}}, \quad (5)$$

где  $N_{уст.м.об.}$  – установленная мощность двигателей АБС и агрегатов БСУ;

6. Энергоемкость процесса (приготовления, доставки или укладки готовой БС)

$$\mathcal{E}_{пр} = \frac{\mathcal{E}_t}{V_t}, \quad (6)$$

где  $\mathcal{E}_t$  – энергия, расходуемая для выпуска готовой БС за время  $t$ ;  $V_t$  – объем выпуска готовой бетонной смеси за время  $t$ .

Определенную группу показателей следует использовать для оценки технологических качеств АБС и агрегатов БСУ [12].

Для самоходных АБС: грузоподъемность  $Q$ , т; емкость смесительного барабана  $V_{см.бар}$ , м<sup>3</sup>; высота машины (высота загрузки материала)  $H_m$ , мм; мощность привода смесительного барабана  $N_{см.б.}$ , кВт; общая масса порожнего автобетоносмесителя,  $M_{об.пор}$ , кг; угол наклона барабана в рабочем положении  $\beta$ , град; скорость вращения смесительного барабана  $N_{см.б.}$ , об/мин; коэффициент заполнения смесительного барабана  $K_{зап}$ ; масса технологического оборудования  $M_{техн.об.}$ , кг; давление в гидроприводе АБС  $p$ , Па и т.д.

### Сравнительная оценка технико-экономического уровня АБС для доставки товарного бетона

Выше приведенные показатели, а все их перечислить невозможно, их следует назвать главными параметрами АБС или технологическими.

На основе этих параметров в задаче оптимизации следует формировать критерии и целевые функции.

Существенное значение при оценке качества самоходных автобетоносмесителей имеют весовые показатели, а при сравнении различных вариантов АБС удельные весовые показатели. Для оценки качества АБС необходимо выбрать функциональный критерий [12] ( $\lambda$ ), соответствующий его основному назначению перемещению определенного объема готовой бетонной смеси  $V_{гот.см}$  на заданное расстояние  $L$  в единицу времени, то есть

$$\lambda_i = V_{ГОТ.СМ.i} L_i, \quad (7)$$

где  $V_{гот.см.}$  – объем готовой бетонной смеси, м<sup>3</sup>;  $\lambda$  – расстояние на которое транспортируется готовой товарный бетон, м.

Данный функциональный критерий для АБС позволяет сравнивать их качественные показатели между собой. Наиболее общей и полной оценкой эффективности применение различных средств доставки готовой бетонной смеси к строительному объекту является оценка по удельным величинам, определяемым с учетом функционального критерия [12].

Удельные показатели средств доставки готовой бетонной смеси следует определять отношением абсолютных показателей, принятых к сравнению, к функциональному критерию данного АБС с учетом условий погрузки, доставки, выгрузки и укладки готовой бетонной смеси, то есть специфических условий эксплуатации. Для оценки технико-экономического уровня различных конструкций бетоно – и автобетоносмесителей следует выбрать следующие параметры:  $V_{см.бар}$  – емкость смесительного барабана, м<sup>3</sup>;  $C_i$  – стоимость автобетоносмесителя, тг;  $G_i$  – общая масса

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
 GIF (Australia) = 0.564  
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
 ПИНЦ (Russia) = 3.939  
 ESJI (KZ) = 8.771  
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
 PIF (India) = 1.940  
 IBI (India) = 4.260  
 OAJI (USA) = 0.350

порожного АБС, кг;  $N_i$  – мощность привода смесительного барабана АБС, кВт;  $V_i$  – объем зоны действия АБС, м<sup>3</sup>;  $S_i$  – площадь зоны действия АБС, м<sup>2</sup>. С учетом выбранных абсолютных параметров удельные величины их следует определять соответственно

$$V_{y.d.i}^{cm.b} = \frac{V_i^{cm.b}}{\lambda_i}; \quad C_{y.d.i}^{ABC} = \frac{C_i^{ABC}}{\lambda_i}; \quad G_{y.d.i}^{ABC} = \frac{G_i^{ABC}}{\lambda_i};$$

$$N_{y.d.i}^{np.cm.b} = \frac{N_i^{np.cm.b}}{\lambda_i}; \quad V_{y.d.i}^{z.d.ABC} = \frac{V_i^{z.d.ABC}}{\lambda_i};$$

$$S_{y.d.i}^{z.d} = \frac{S_i^{z.d}}{\lambda_i}. \quad (8)$$

При этом значения удельных величин сравниваемых параметров необходимо рассматривать по принципу «чем меньше величина, тем выше технико-экономический уровень АБС».

Как известно [13], весовые коэффициенты являются безразмерными величинами, сумма которых равна единице, то для образования целевой функции в виде суммы произведений значений рассматриваемых параметров на соответствующий весовые коэффициенты «минимум» удельных величин.

Тогда

$$\bar{V}_i^{cm.b} = \frac{V_{y.d.i}^{cm.b}}{V_{y.d.i}^{cm.b.min}}; \quad \bar{C}_i = \frac{C_{y.d.i}}{C_{y.d.i}^{min}}; \quad \bar{G}_i = \frac{G_{y.d.i}}{G_{y.d.i}^{min}};$$

$$\bar{N}_i^{np.cm.b} = \frac{N_{y.d.i}^{np.cm.b}}{N_{y.d.i}^{np.cm.b.min}}; \quad \bar{V}_i^{z.d} = \frac{V_{y.d.i}^{z.d}}{V_{y.d.i}^{z.d.min}};$$

$$\bar{S}_i^{z.d} = \frac{S_{y.d.i}^{z.d}}{S_{y.d.i}^{z.d.min}}, \quad (9)$$

где  $\bar{V}_i^{cm.b}, \bar{C}_i, \bar{G}_i, \bar{N}_i^{np.cm.b}, \bar{V}_i^{z.d}, \bar{S}_i^{z.d}$  – нормированные (безразмерные) величины сравниваемых параметров АБС;

$$V_{y.d.i}^{cm.b.min}, C_{y.d.i}^{min}, G_{y.d.i}^{min}, N_{y.d.i}^{np.cm.b.min}, V_{y.d.i}^{z.d.min}, S_{y.d.i}^{z.d.min}$$

– минимальные удельные показатели  $i$ -го АБС в сравнении в совокупности.

Оценку технико-экономического уровня сравниваемых средств доставки товарного бетона к строительному объекту необходимо производить по целевой функции (комплексному показателю  $K$ ) и следует определять по следующей зависимости

$$K_i^{ABB} = \bar{V}_i^{cm.b} * m_1 + \bar{C}_i * m_2 + \bar{G}_i * m_3 + \bar{N}_i^{np.cm.b} * m_4 + \bar{V}_i^{z.d} * m_5 + \bar{S}_i^{z.d} * m_6, \quad (10)$$

$m_1, m_2, \dots, m_6$  – весовые коэффициенты соответственно принятым к рассмотрению единичных параметров АБС.

## Определение весовых коэффициентов

Для определения значимости или весомости  $m_j$  единичных показателей в совокупности всех принятых к рассмотрению, как известно, используются различные способы: стоимостный, долевого, вероятностный, ранговый, экспертный, смешанный и др.[12].

Применение этих методов, как известно, часто связано с проведением больших объемов организационных и вычислительных работ, в силу того, что они в той или иной степени зависят от экспертного метода, которому присущи субъективность и большая трудоемкость. Согласно методики «Сравнительной оценки технико-экономического уровня эффективности применения транспортных средств и систем», разработанной Карагандинским политехническим институтом под научным руководством профессора Даниярова А.Н., принят следующий подход к определению значимости или весомости  $m_j$  единичных показателей сравниваемых конструкций машин: упорядочения единичных показателей связывается с распределением значений соответствующих весовых коэффициентов по определенному закону [12]. Кроме того, предполагается, что весовые коэффициенты, определяющие значимость сравниваемых параметров транспортных машин, образуют убывающую последовательность чисел, сумма которых должна быть равна единице, т.е.

$$\sum_{\gamma=1}^n m_{\gamma} = 1, \quad (11)$$

где  $n$  – количество принятых к рассмотрению параметров транспортных машин;  $j$  – порядковый номер параметров транспортных машин из числа сравниваемых.

Рассматривая различные закономерности распределения коэффициентов, основанная на используемых в практике математических функциях, была установлена следующая закономерность распределения коэффициентов в виде [12].

$$m_1; m_2 = \frac{2}{3} m_1;$$

$$m_3 = \frac{2}{3} m_2 = \frac{4}{9} m_1; \dots; m_n = \frac{2^{n-1}}{3^{n-1}} m_1 \quad (12)$$

откуда

$$m_1 = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} + \frac{4}{9} + \dots + \frac{2^{n-1}}{3^{n-1}}} = \frac{1}{3 \left[ 1 - \left( \frac{2}{3} \right)^n \right]}, \quad (13)$$

Для сравнения технико-экономической оценки бетоно- и автобетоносмесителей по нескольким параметрам и получения их комплексной оценки принятые к сравнению параметры были расположены по их значимости:

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

наиболее существенный параметр (емкость смесительного барабана –  $V_{исм.бар}$ ) был вынесен на первое место, а наименее существенный (площадь зоны действия АБС –  $S_i$ ) – на последнее. Исходя из условия желательности. Количество сравниваемых между собой параметров было принято равным шести [18].

Подставляя количество параметров  $n=6$  в формулу (13), определим значение первого весового коэффициента  $m_1$ :

$$m_1 = \frac{1}{3 \left[ 1 - \frac{26}{36} \right]} = \frac{1}{2.736625514} = 0,365$$

Далее подставляя значения  $m=0,365$  в зависимости формулу (12), получим численные значения других весовых коэффициентов:

$$m_2=0,244; m_3=0,162; m_4=0,108;$$

$$m_5=0,072; \text{ и } m_6=0,048.$$

Расчеты сравнения между собой конструкций самоходных АБС, были выполнены для условия доставки готовой бетонной смеси (товарного бетона) от БСУ к строительному объекту. К сравнению были приняты перспективные конструкции самоходных АБС, находящиеся на стадиях опытно-промышленной проверки или эксплуатации в строительстве.

На основе проведенных расчетов можно составить эталонную модель совершенной транспортной машины для доставки готовой бетонной смеси от БСУ к строительному объекту.

Эталонную модель необходимо составлять по наилучшим единичным показателям из числа сравниваемых АБС и ее комплексный показатель должен быть равен единице.

При сравнении этих же АБС в реальном технологическом транспорте схеме необходимо учитывать условия погрузки, доставки, выгрузки и укладки готовой бетонной смеси. При транспортировке от БСУ к строительному объекту необходимо учитывать: физико-механические свойства бетона; условия факторы, определяющие процесс доставки бетонных смесей; температуры смеси и воздуха при перевозке; влияние длительности нахождения перевозимой смеси в пути и вида дорожного покрытия на качество товарного бетона, а также внутри объектной укладки БС. Также необходимо рассматривать такой важный параметр для технологических схем транспортировки БС, как стоимость обслуживания установленного оборудования.

С учетом высказанного, оценку технико-экономического уровня сравниваемых технологических схем транспортировки готовой БС необходимо производить по целевой функции (комплексному показателю), определяемому по следующей зависимости

$$K_i^{T,C} = \bar{V}_i^{см.б} * m_1 + \bar{C}_i * m_2 + \bar{G}_i * m_3 + \bar{N}_i^{см.б} * m_4 + \bar{C}_i^{обсл} * m_5 + \bar{S}_i^{зд} * m_6, \quad (14)$$

где  $K_i$  – комплексный показатель  $i$ -й технологической схемы.

## References:

1. (1992). *GOST 7473-92. Smesi betonnye zavodskogo izgotovlenija. Tehnicheskie uslovija.*
2. B'jufejt, F.V. (1986). *Tehnologija betonnoj smesi.* (p.140). Moscow: Strojizdat.
3. (1984). *SNIP chast' III, razdel V, glava I. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii monolitnye. Obshhie pravila proizvodstva i priemki rabot.* Moscow: Strojizdat.
4. Silkin, V.V. (1982). *Stacionarnye cementobetonnye zavody. Trudy SojuzdorNII, vypusk 3, M., p.182.*
5. Korolev, K.N. (1989). *Novoe oborudovanie dlja prigotovlenija i transportirovanija betonnoj smesi.* (p.212). Moscow: Strojizdat.
6. Korolev, K.N. (1986). *Proizvodstvo tovarnogo betona.* (p.182). Moscow: Strojizdat.
7. Pushkarev, S.A., Ramazanov, I.Sh., & Panamarchuk, V.V. (2002). *Resursnoe modelirovanie proizvodstva betonnyh smesej. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, M., № 4, p.198.*
8. Jablonskij, A.A. (1977). *Issledovanie raboty komplektov stroitel'nyh mashin dlja opredelenija ih optimal'nogo sostava / na primere zemljanyh betonnyh i montazhnyh rabot / Avtoref. ... kand. tehn. nauk: 05.05.04.* (p.22). Dnepropetrovsk.
9. Venjua, M. (1980). *Cementy i betony v stroitel'stve.* (p.353). Moscow: Strojizdat.
10. Ostromogol'skij, V.N. (1987). *Dostavka betonnyh smesej s pomoshh'ju avtomobilej. Na dorogah Rossii, M., № 2, p.20.*
11. Nedorezov, I.A. (1984). *Intensifikacija rabochih processov zemlerojno-transportnyh mashin i sovershenstvovanie ih rabochih organov. Issledovanie mashin dlja zemljanyh rabot // Sbornik.* (pp.5-11). Moscow: Transport.

**Impact Factor:**

**ISRA (India) = 6.317**  
**ISI (Dubai, UAE) = 1.582**  
**GIF (Australia) = 0.564**  
**JIF = 1.500**

**SIS (USA) = 0.912**  
**PIHII (Russia) = 3.939**  
**ESJI (KZ) = 8.771**  
**SJIF (Morocco) = 7.184**

**ICV (Poland) = 6.630**  
**PIF (India) = 1.940**  
**IBI (India) = 4.260**  
**OAJI (USA) = 0.350**

12. Saginov, A.S., Danijarov, A.N., & Akashev, Z.T. (1984). *Osnovy proektirovaniya i rascheta plastinchatyh kar'ernyh konvejerov.* (p.325). Almaty: Nauka.
13. Klimec, C. (1991). Vybory optimal'nogo radiusa territorii stroitel'nyh ob'ektov, obsluzhivaemyh centralizovannoj betonosmesitel'noj ustanovkoj. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, M., № 4,* pp. 67–71.
14. Ermakov, N.F. (1968). *Tehniko-jekonomicheskie issledovaniya primeneniya rajonnyh zavodov prigotovleniya tovarnogo betona ciklicheskogo dejstvija s ego razvozkoy v avtobetonosmesiteljah // Nauchno-tehnicheskij otchet. MIIEI.* (p.120). Moscow.
15. Mirotin, L.B. (1974). *Issledovanie voprosov jeffektivnosti ispol'zovaniya avtotransporta v stroitel'stve, remonte avtomobil'nyh dorog.* Diss. ... dokt. tehn. nauk. (p.320). Moscow: MADI.
16. Boev, B.S. (1969). *Tehniko-jekonomicheskaja ocenka variantov centralizovannogo obespechenija stroitel'nyh ploshhadok.* Diss. ... kand. tehn. nauk. (p.156). Moscow.
17. Ostromogol'skij, V.I. (1984). *Sovershenstvovanie tehnologii dostavki betonnyh smesej specializirovannymi transportnymi sredstvami.* (p.267). Moscow: Strojizdat.
18. Ostromogol'skij, V.I., & Zhadanovskij, B.V. (1985). *Mehanicheskaja plastifikacija transportiruemyh betonnyh smesej i podbor ih sostava. Beton i zhelezobeton, № 1,* pp.59–63.
19. Ostromogol'skij, V.I. (1986). *Opreделение температуры бетонных смесей при перевозках. Promyshlennoe stroitel'stvo, № 2,* p.132.
20. (1992). *Rekomendacija po dostavke betonnyh smesej avtotransportnymi sredstvami.* (p.85). Moscow: Strojizdat.
21. Brahman, T.R. (1984). *Mnogokriterial'nost' i vybor al'ternativy v tehnike.* (p.288). Moscow: Radio i svjaz'.
22. Serebrennikov, A.A. (2000). *Osnovy sistemnogo podhoda k sozdaniyu smesitel'nyh mashin povyshennoj intensivnosti i jeffektivnosti. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny, № 8, M.,* pp. 19 – 24.
23. Plavel'skij, E.P. (1985). *Tehnologija dostavok betona specializirovannymi transportnymi sredstvami.* (p.197). Moscow: Strojizdat.
24. (1976). *Stroitel'nye mashiny // Spravochnik pod red. Bauman V.A. T.1,* (p.427). Moscow.
25. (n.d.). Retrieved from [http://www.rusnauka.com/4\\_NIC\\_2018/Tecnic/4\\_233349.doc.htm](http://www.rusnauka.com/4_NIC_2018/Tecnic/4_233349.doc.htm)