

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

Фатахова Наргиз Рафаель кызы

докторант

Азербайджанский архитектурно-строительный университет

г. Баку, Азербайджанская Республика

ЭКОНОМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО «ЭКСПРЕСС-МЕТОДА» ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КАЧЕСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

***Аннотация:** автор отмечает, что научная и инновационная сущность «Экспресс-метода» заключается в том, что, в соответствии с требованиями стандарта по устройству покрытий автомобильных дорог и аэродромов, в лабораторных условиях путем смешения в нагретом состоянии приготавливаются образцы смесей из составляющих компонентов (щебня, минерального порошка и битума), взятых в соотношениях, определенных нормативными требованиями, в увязке с физико-механическими свойствами асфальтобетона. Результаты «Экспресс-метода» по определению физико-механических свойств и качества битумов можно использовать при установлении состава компонентов асфальтобетонных смесей для верхних слоев покрытий применительно к различным дорожно-климатическим зонам республики.*

***Ключевые слова:** транспортные коммуникации. асфальтобетонные смеси, строительство, «Экспресс-метод», минеральный порошок, диалектическая проницаемость.*

Одной из основных проблем в строительстве транспортных коммуникаций автомобильных дорог и аэродромов является высококачественное приготовление асфальтобетонных смесей обеспечивающее высокое качество строительства и долговечность его эксплуатации.

Решение же данного вопроса требует постоянного совершенствования внедрения инновационного и научно-технологического метода своевременного эффективного и надлежащего контроля качества асфальтобетонной смеси до его применения непосредственно на строительном участке.

Существующие в настоящее время лаборатории, методы и способы контроля качества асфальтобетонной смеси очень сложны, трудоемки, и не эффективны поскольку они связаны с определением содержания компонентов смеси, то есть битума и гранулометрического состава минеральной части после экстрагирования битума и установления физико-механических свойств асфальтобетона на соответствие нормативным требованиям, после прокладки асфальтобетонной смеси на участок строящийся автомобильной дороги или аэродрома.

Такой процесс не дает возможность достаточно оперативно и в полном объеме определять качество приготавливаемой асфальтобетонной смеси, что в свою очередь исключает своевременную оценку уровня точности требованиям технологического процесса производства асфальтобетонных смесей и введение необходимых в этот процесс корректировок. Иными словами, технологический контроль находится в отрыве непосредственно от производства асфальтобетонной смеси, поскольку проверка качества асфальтобетона производится после вырубки образцов уложенного асфальтобетона на участке строительства.

Отмеченное обстоятельство не дает гарантий по определению качества смеси и сроков службы асфальтобетонного покрытия, ибо получение физико-механических показателей возможно только на следующий день, когда уже асфальтобетонные покрытия уложены, то есть строительные работы выполнены и причины изготовленной некачественной продукции уже практически не устранимы, а восстановление его требует огромных финансово-экономических затрат. Существующий по сей день лабораторный метод получения информации о качестве асфальтобетона по результатам испытаний образцов позволяет лишь формально производить корректировку в сторону улучшения качества смеси к требуемым заданным параметрам. Следовательно, осуществляемый таким образом лабораторный контроль качества асфальтобетонной смеси просто неэффективен.

Как правило, установление факта, отклонения показателей и свойств асфальтобетона от нормативных значений производится в передвижных лабораториях путем отбора кернов (вырубок) из дорожного покрытия и их испытания в переформованном или не переформованном состоянии, с уже нанесенного асфальтобетонного покрытия.

Многолетний опыт эксплуатации нежестких покрытий показывает, что требуемое уплотнение асфальтобетонной смеси окончательно достигается движением транспортных средств по покрытию до 8 суток, вследствие чего вероятность оказания действенной коррекции асфальтобетона с экономической и технологической точки зрения ничтожно мала.

Кроме того, не всегда можно установить из какой партии уложена асфальтобетонная смесь в месте отбора кернов.

Существуют также методы определения качества «материала или продукта», позволяющий измерять производную диэлектрической восприимчивости или связанной к ней диэлектрической проницаемости по времени в естественных условиях эксплуатации асфальтобетона, которая основана на связи между компонентным составом асфальтобетона и его молекулярной структурой. Однако данный метод не дает возможность, как отмечено выше в полной мере отражать физико-механические свойства, и изменения, которые происходят в результате межмолекулярного взаимодействия, так как химические процессы на поверхностях граничных фаз сопровождаются выделением поверхностной энергии и идентифицируются, как известно, коэффициентом поглощения энергии ($K = \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta$).

В связи с вышеизложенным возникла необходимость для получения качественной информации о состоянии асфальтобетонной смеси принципиально новая система контроля качества дорожно-строительных материалов, в том числе и асфальтобетонной смеси. Исходя из этих принципов дорожно-строительной фирмой «AzVirt» возглавляемая д.т.н. профессором А.М. Алиевым был разрабо-

тан «Экспресс-метод» неразрушающего контроля качества и физико-механических характеристик асфальтобетонных смесей, с помощью которого в течении 10–20 минут после изготовления асфальтобетонной смеси определяются:

- физико-химическое взаимодействие битума с минеральными материалами в структуре асфальтобетона, где важную роль в характере этих взаимодействий играет полярность минеральных компонентов и органического вяжущего, что может быть оценено посредством их диэлектрических параметров;

- диэлектрическая проницаемость (ϵ) (характеризует степень полярности материала) как отношение напряженности индуцирующего поля к напряженности поля в диэлектрике. Определение диэлектрической проницаемости дает важную информацию о структуре и свойствах асфальтобетона и его компонентов;

- тангенс угла потерь ($tg\delta$) характеризующий поглощение энергии электрического поля диэлектриком, величина которой зависит от запаздывания ориентации диполем по отношению к уменьшению направления электрического поля, что связано с преодолением взаимодействия поляризующихся молекул с соседними молекулами.

Для определения надежности работы асфальтобетона необходимо знать не только его диэлектрические свойства, но и характер поведения в смеси его основных композиционных материалов (битума и минерального порошка), влияющих определенным образом на физико-механические параметры выпускаемой асфальтобетонной смеси, предназначенной для строительства автомобильных дорог и аэродромов.

Научная и инновационная сущность «Экспресс-метода» заключается в том, что в соответствии требований стандарта по устройству покрытий автомобильных дорог и аэродромов, в лабораторных условиях, путем смешения в нагретом состоянии приготавливаются образцы смесей из составляющих компонентов (щебня, минерального порошка и битума), взятых в соотношениях, определенных нормативными требованиями, в увязке с физико-механическими свойствами асфальтобетона. Указанным «Экспресс – методом» (оперативно) определяются диэлектрические параметры – диэлектрическая проницаемость ϵ и тангенс угла

диэлектрических поглощений tg . Это позволяет проводить качественные испытания и эффективный метод анализа, дающий возможности своевременной корректировки характеристик качества асфальтобетонной смеси еще на асфальтобетонном заводе.

С учетом климатических условий Азербайджанской Республики это испытания по определению качества асфальтобетонной смеси должны проводиться для каждой из зон температурного режима строительства дорог и аэродромов, а именно: I зона $+75^{\circ}\text{C}$; II зона $+60^{\circ}\text{C}$; III зона $+50^{\circ}\text{C}$. Инновационная эффективность и универсальность разработанного в ООО «AzVirt» «Экспресс – метода» заключается в определении диэлектрических параметров, характеризующих активность различных битумов в равных условиях при частоте 40 МГц. Согласно нормативам Азербайджанской Республики применительно к разным дорожно-климатическим зонам используются битумы марки В40 (БНД 40/60), В60 (БНД 60/90) и В90 (БНД 90/130).

Поскольку диэлектрическая проницаемость определяет степень полярности в битуме, то, следовательно, повешенной полярностью обладает такой вяжущий материал, который характеризует большей диэлектрической проницаемостью и тангенсом угла диэлектрических поглощений. Эти параметры битума измеряют на образцах проб асфальтобетонной смеси на асфальтозаводе при помощи прибора ВМ – 560 (измеритель добротности) с рабочим диапазоном частот от 15 x 10⁶ Гц и выше (рис. 1).

Проведенные исследования показали, что для установления связи между физико-механическими и диэлектрическими свойствами битумов необходимо использовать значения расчетной величины фактора диэлектрических потерь (поглощения), характеризуемого коэффициентом поглощения энергии $K = \varepsilon \cdot tg\delta$. Диэлектрические показатели образцов проб при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и частоте 40 МГц представлены в таблице 1.



Рис. 1. Общий вид прибора «Измеритель добротности» BM – 560

Таблица 1

Диэлектрические показатели образцов проб при температуре 20°C

№ п/п	Марка битума	Количество асфальтобетонов, смола и масел	Диэлектрические характеристики			Верхний и нижний пределы K
			ϵ	$tg\delta$	$K=\epsilon \cdot tg\delta$	
1	B40	36,1	2,34	0,0038	0,00889	0,01067 0,00711
2	B60	30,3	2,33	0,0032	0,00746	0,00896 0,00596
3	B90	25,8	2,27	0,0028	0,00636	0,00763 0,00509

Сравнивая диэлектрические характеристики представленных марок битумов, выявляется тот факт, что в маловязком битуме В90 с 25,8%-ым содержанием асфальтенов по отношению в битуму В60 их количество на 17,4% меньше, в то время как коэффициент поглощения энергии меньше на 17,3%, то есть разница полярности компонентов составляет 0,01%. Такая же разница наблюдается и при сравнении битумов В40 и В60. Исследования показали закономерность того, что диэлектрические параметры битумов непосредственно связаны с наличием наиболее полярных у его компонентов и величина коэффициента поглощения при этом увеличивается с ростом их концентрации, то есть свободные полярные

компоненты битума повышают адгезионные свойства за счет сцепления их с минеральными материалами, в результате чего повышается и $K = \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta$, а при переходе битума из одной структуры (В40) в другую (В60), значение фактора диэлектрических поглощений убывает.

Диэлектрическая проницаемость асфальтобетона – это очень чувствительная величина, отражающая структуру материала (твердых образцов асфальтобетона, сыпучих минеральных компонентов, битумов и ПАВ). Разработанный в ООО «AzVirt» «Экспресс-метод» является эффективным методом определения качества асфальтобетонной смеси, так как он дает возможность в течении 20 минут, в лабораторных условиях, на асфальтобетонном заводе определять качество приготовленной к отправке на объект асфальтобетонной смеси. «Экспресс-метод» исключает возможность отправки на объекты дорожного и аэродромного строительства некачественную асфальтобетонную смесь.

Таким образом, результаты «Экспресс-метода» по определению физико-механических свойств и качества битумов можно использовать при установлении состава компонентов асфальтобетонных смесей для верхних слоев покрытий применительно к различным дорожно-климатическим зонам республики.

Другим немаловажным компонентом асфальтобетонной смеси является минеральный порошок, получаемый при измельчении высокоактивных известняковых материалов с повышенным содержанием СаО. Из происходящих закономерностей, имеющих место в физико-механических процессах видно, что частицы измельченных известняковых минеральных зерен заряжены положительно, в связи с этим при адсорбции активирующей смеси отрицательные – радикалы обращены в сторону поверхностей частиц к битуму, что является немаловажным фактором, происходящий сам физико-химический процесс, раскрывает в нем ступенчатую последовательность, где видно, что первый слой активирующей смеси состоит из молекул, адсорбированных на поверхности минеральных зерен, образующих новый контактный слой из положительных зарядов, при этом по мере удаления свободных радикалов смесей от поверхности частиц известняка усиливается подвижность радикалов за счет тепловой энергии, что препятствует

правильной ориентации последних вокруг частиц минеральных зерен. Поэтому в первом слое происходит хемоадсорбационный процесс наслоения связанной активирующей смеси, а на поверхности частиц минеральных зерен радикалы ее ориентируются в адсорбционной сфере, с условием, что поверхность частиц первого слоя полностью ориентирована в этой поверхности зерен, чем в последующих слоях. Второй слой ориентируется силовым полем первого слоя, но уже не полностью; третий слой ориентируется еще слабее и т. д.

Показатели диэлектрических характеристик, приведенные в таблице 2 свидетельствуют о резком снижении поверхностного натяжения на границе раздела фаз, в результате чего коэффициент поглощения энергии $K = \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta$ принимает свое минимальное значение (0,119 позиция 4), а следовательно, происходит и усиление прилипаемости пленки активированного порошка в битумоминеральной системе.

Таким образом, при равных условиях проводимых исследований по определению качества асфальтобетонной смеси было установлено, что диэлектрические параметры ε и $\operatorname{tg} \delta$ у неактивированных минеральных материалов выше, чем у активированных, из чего следует, что наиболее прочной связью, возникающей между поверхностью минеральных зерен и активирующей смесью, является установление оптимального количества ее, способствующей повешенному улучшению качества минерального порошка, а следовательно и на его основе улучшению структуры асфальтобетона, которая характеризуется снижением показателей диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических поглощений этого материала (таб. 2).

Таблица 2

Позиции	Минеральный порошок	Количество активирующей смеси, (битум + Mn) масс. %	$F=40 \text{ МГц}$		$K = \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \delta$	K/K_n
			$\operatorname{tg} \delta$	ε		
1	Неактивированный минеральный порошок	—	0,197	4,98	0,981	1,000

2	Активированный минеральный порошок	0,5	0,155	4,53	0,702	1,397
3	Активированный минеральный порошок	2,0	0,088	2,89	0,254	3,862
4	Активированный минеральный порошок	3,0	0,055	2,16	0,119	8,244
5	Активированный минеральный порошок	5,0	0,060	2,90	0,145	6,766
6	Активированный минеральный порошок	7,0	0,0676	3,09	0,209	4,694
7	Активированный минеральный порошок	9,0	0,102	3,34	0,341	2,877

Примечание: K/K_n – соотношение показателя коэффициента поглощения энергии минерального порошка; K – фактор диэлектрических поглощений неактивированного минерального порошка; K_n – фактор диэлектрических поглощений активированного минерального порошка.

Итак, имея результаты исследований с помощью диэлектрических характеристик по определению оптимальных параметров компонентов асфальтобетонных смесей (битум и минеральных порошков) необходимо особо отметить следующее:

1. Согласно нормативам Азербайджанской Республики по строительству асфальтобетонных дорог и аэродромов, учитывающих климатические особенности республики, основным показателем физико-механических свойства асфальтобетона является остаточная пористость с оптимальным значением от 3 до 5% по объему.

2. Фактически диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических поглощений зависят от нормируемой остаточной пористости асфальтобетона, а относительная диэлектрическая проницаемость исследуемого образца асфальтобетона – от минерального и гранулометрического составов, а также от активности битума.

Таблица 3

Физико-механические свойства асфальтобетона с активированным минеральным порошком и диэлектрические характеристики (при частоте 40 МГц)

№ образца асфальтобетонной смеси	Количество битума, %	Остаточная пористость % по объему	Реж, МПА			При температуре +75 °C		
			+20 °C	+50 °C	+75 °C	$tg\delta$	ε	$K=\varepsilon \cdot tg\delta$
1	3,0	8,1	3,087	0,8	0,65	0,0569	3,997	0,2273
2	4,0	6,5	4,02	1,32	0,96	0,0462	4,119	0,1904
3	4,5	5,8	4,28	1,51	1,02	0,0417	4,159	0,1733
4	5,0	4,2	4,16	1,72	1,52	0,0371	4,200	0,1559
5	6,0	3,0	4,02	1,60	1,22	0,0285	4,159	0,1187
6	7,0	2,2	3,75	1,40	1,14	0,0168	4,108	0,0690
7	8,0	1,6	3,52	1,11	0,85	0,0107	4,058	0,0432

Таблица 4

Физико-механические свойства асфальтобетона с неактивированным минеральным порошком и диэлектрические характеристики (при частоте 40 МГц)

№ образца асфальтобетонной смеси	Количество битума, %	Остаточная пористость % по объему	Реж, МПА			При температуре +75 °C		
			+20 °C	+50 °C	+75 °C	$tg\delta$	ε	$K=\varepsilon \cdot tg\delta$
1	3,0	10,5	2,8	0,72	0,35	0,0780	4,621	0,3602
2	4,0	8,4	3,6	1,05	0,65	0,0658	4,732	0,3112
3	4,5	6,7	3,58	1,32	0,78	0,0603	4,817	0,2901
4	5,0	5,4	3,78	1,36	0,84	0,0569	4,793	0,2729
5	6,0	4,2	3,9	1,43	0,90	0,0536	4,773	0,2557
6	7,0	3,1	3,54	1,25	0,72	0,0466	4,722	0,2198
7	8,0	2,1	3,15	0,98	0,50	0,0385	4,671	0,1800

Анализируя физико-механические и диэлектрические показатели образцов представленных в таб. 3 и 4 и на рис. 2 усматривается взаимосвязь диэлектрических характеристик, в частности, коэффициента диэлектрического поглощения энергии (K) с прочностными показателями исследуемых образцов асфальтобетона ($Reж$).

Так, сравнивая диэлектрические параметры минеральных активированных и неактивированных порошков для I зоны ($+75^{\circ}\text{C}$) нагрева асфальтобетонных смесей при оптимальной остаточной пористости асфальтобетонных смесей в 4,2% по объему (таб. 3 позиция 4 и таб.4 позиция 5) наглядно усматривается тот факт, что показатели как тангенса угла диэлектрических поглощений, так и диэлектрической проницаемости у асфальтобетонных смесей с активированным минеральным порошком значительно ниже, чем у смесей с неактивированным, что указывает на более интенсивные химические связи в граничных фазах радикальных взаимодействий, подтверждающиеся коэффициентами поглощения поверхности энергии, а именно:

$$- K_{амп} = 0,1559$$

$$- K_{нмп} = 0,2557 > K_{амп} \text{ в } 1,64 \text{ раза.}$$

Так как диэлектрические характеристики коррелируют прочностные показатели из значения, и соответственно определяются:

$$- R_{сж \text{ амп}} = 1,52 \text{ МПа}$$

$$- R_{сж \text{ нмп}} = 0,90 \text{ МПа} < R_{сж \text{ амп}} \text{ в } 1,68 \text{ раза.}$$

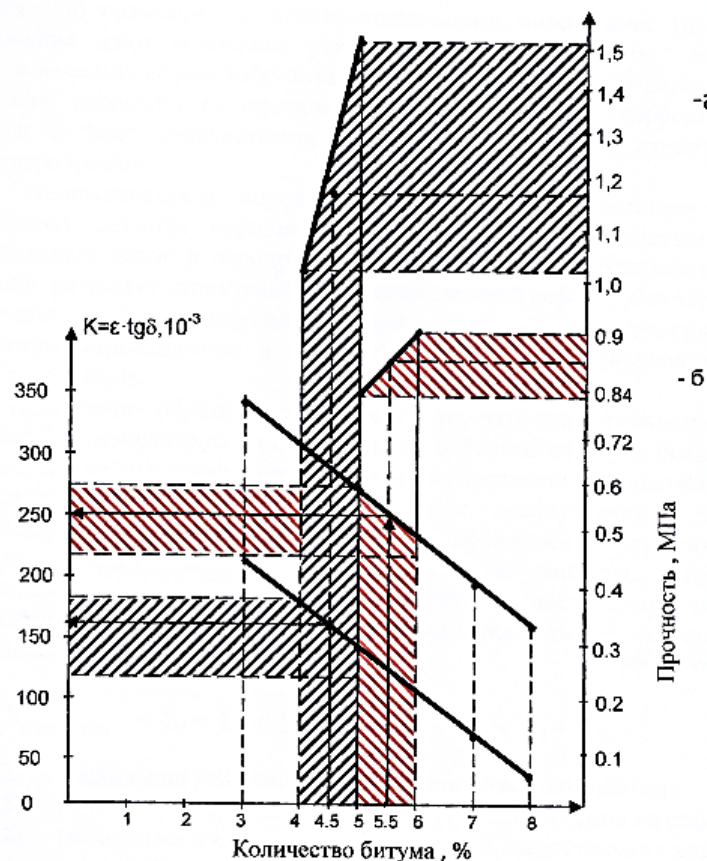


Рис. 2. а) смесь с активированным минеральным порошком;
б) Смесь с неактивированным минеральным порошком

Кроме того, из этих же таблиц видно, что прочностные показатели асфальтобетонов на основе смесей с активированными минеральными порошками для II и III зон температурного режима нагрева асфальтобетонных покрытий имеют также повышенные значения по сравнению с неактивированными порошками. Выше описанные научные исследования дают основание утверждать эффективность диэлектрического метода контроля качества асфальтобетонных смесей производимого непосредственно на АБЗ, что эффективно позволяет осуществлять их компонентную корректировку и не допускать выпуск и доставку некачественной продукции на объекты строительства автомобильных дорог и аэродромов.

Экономическая и инновационная эффективность метода «Экспресс анализа» по определению качества асфальтобетонной смеси предназначенная для

строительства автомобильных дорог и аэродромов огромна. Метод «Экспресс-анализа» предотвращает попадание на объект строительства некачественной асфальтобетонной смеси, что позволяет увеличению качества асфальтобетонной продукции, применяемой в дорожном и аэродромном строительстве и обеспечивает долговечность эксплуатации автомобильных дорог и аэродромов.

Достаточно обратить внимание на то, что существующие методы лабораторных исследований направлены на исследования асфальтобетонных покрытий уже примененных на строительстве, что ставит перед фактом, применения некачественного асфальтобетона в строительстве и снижения долговечности эксплуатации покрытой поверхности автомобильных дорог и аэродромов. Для исправления допущенной ошибки требуются огромные материальные ресурсы, финансовые расходы, транспортные топливно-энергетические затраты, что в конечном итоге не дает полную информацию о качестве асфальтобетонных покрытий на всем участке строительства, то есть эффект существующих методов лабораторных исследований ≤ 0 , при увеличении затрат.

$$\sum \text{сумма расходов} = \sum_1 + \sum_2 + \sum_3 + \sum_4 + \sum_5 + \sum_6 + \sum_7 + \sum_8$$

\sum_1 – расходы на удаление некачественного асфальтобетона

\sum_2 – расходы на перевозку удаленного асфальтобетона на асфальтобетонный завод

\sum_3 – расходы на восполнение необходимых недостающих компонентов асфальтобетона

\sum_4 – расходы на повторную переработку на асфальтобетонном заводе

\sum_5 – расходы на повторные затраты на энергоносители

\sum_6 – расходы на эксплуатационную стоимость асфальтобетонного завода

\sum_7 – расходы на перевозку повторно асфальтобетонной смеси с асфальтобетонного завода на участок строительства для восстановления

\sum_8 – расходы на рабочую силу.

В конечном же результате эффективность проведенных мероприятий равно ≤ 0 , то есть $\sum \text{сумма расходов} \leq 0$.

Новый «Экспресс метод» по определению качества асфальтобетонной смеси полностью исключает попадание некачественной асфальтобетонной смеси на строительный участок.

Если учесть масштабы строительства автомобильных дорог и аэродромов во всем мире внедрение «Экспресс метода» по определению качества асфальтобетонной смеси несут реальную экономическую выгоду в экономии всех видов материальных, финансовых, технических ресурсов оцениваемые в сотни миллиардов долларов.

Следует отметить, что разработанный в ООО «AzVirt» под руководством д.т.н. профессора А.М. Алиева «Экспресс метод» по определению качества асфальтобетонных смесей зарегистрирован Евразийским Патентным Ведомством, как изобретение с выдачей Патента №018003 (Москва).

Список литературы

1. Алиев А.Б. Экономика строительства транспортных коммуникаций (автомобильные дороги и аэродромы): Учебное пособие / Алиев А.Б. [и др.]. – Баку: Типография №9, 2014. – 463 с.
2. Желтенков А.В. Управление промышленной организацией: Тенденции и направления развития: монография. / А.В. Желтенков, В.С. Румянцев. – М.: ГУУ, 2001. – 76 с.
3. Попов В.Л. Управление бизнес-проектами / В.Л. Попов, Н.Д. Кремлев. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2004.