# использование методов математической статистики при совершенствовании системы контроля качества асфальтобетонной смеси

***Воейко Ольга Александровна, к.т.н., доцент,***

***доцент кафедры управления качеством и стандартизации***

*Государственное бюджетное образовательное*

*учреждение высшего образования Московской области*

*«Технологический университет»*

*г. Королев, Россия*

*Для обеспечения высокого технического уровня современных автомобильных дорог большое значение имеет качество асфальтобетонных смесей. Кроме того, контроль качества асфальтобетонных смесей является актуальной задачей, так как от него напрямую зависит долговечность дорожного покрытия и, как следствие, безопасность дорожного движения.*

***Ключевые слова:*** *асфальтобетон, контроль качества, дисперсионный анализ.*

# The USing of statistical methods in improving the QUALITY CONTROL SYSTEM of asphalt concrete mixtures

***Voeyko Olga, PhD, senior lecturer***

*Chair of Quality Management and Standardization****,***

*University of Technology, Korolev, Russia*

*It is very important to ensure a high level of modern roads by the improving of asphalt mixtures quality. The quality control of asphalt mixtures is an actual problem also, because the durability of the road surface and, as a result, road safety depends on it.*

***Key words:*** *asphalt concrete mixtures, quality control, variance analysis.*

Обеспечение качества дорожного покрытия осложняется тем, что процесс формирования покрытия неоднозначен и завершается гораздо позднее укладки и уплотнения смеси. И, несмотря на накопленный опыт в вопросах управления качеством асфальтобетонных смесей, проблема далека от разрешения. Срок службы асфальтобетонных покрытий в нашей стране существенно ниже аналогичных показателей промышленно развитых стран. Низкий срок службы асфальтобетонных покрытий связан с высокой вариацией качества асфальтобетона. Математическая статистика в контроле качества продукции дорожного строительства дает возможность установить необходимый уровень качества.

Применение в дорожном строительстве методов математической статистики не может устранить все те недостатки и ошибки, которые были допущены в технологии или организации работ. Нельзя надеяться, что на основании малого количества образцов или данных испытаний какими-либо статистическими ухищрениями можно получить достоверные выводы. Статистические методы не могут возместить неточность в испытаниях или неправильную методику отбора проб [3].

Значение статистических методов контроля заключается в том, что с их помощью можно определить, где и когда имеется возможность повысить качество путем изменения конструкции или технологического процесса. Они способствуют не только выявлению источников появления брака, но и целенаправленному регулированию технологических процессов с тем, чтобы отклонения качественных показателей продукции от проектных величин были наименьшими.

Низкий срок службы вызван, в том числе и особенностями проведения контроля качества асфальтобетонной смеси с лаборатории.

Согласно действующим нормативным документам [1,2] для контроля качества отбирают одну пробу от каждой выпущенной партии, при этом партией считается количество асфальтобетонной смеси одного состава, выпущенное на одной асфальтосмесительной установке в течение одной смены, но не более 600 тонн. Отбор проб следует начинать не ранее, чем через 30 минут после начала выпуска смесей.

Для испытаний отбирают одну объединенную пробу, которая составляется из трех-четырех точечных проб, тщательно перемешанных между собой. Точечные пробы отбирают с интервалом 20-30 мин, в зависимости от производительности асфальтосмесительной установки. А результат при существующем традиционном подходе лабораторного контроля  можно узнать лишь через 16 часов после отбора проб. Это значит, что смесь уже выпущена, отгружена, доставлена на объект, уложена в покрытие, и уже открыто движение.  Согласно несложным расчетам получается, что уложено около 1,5 км покрытия. По правилам в случае получения лабораторией отрицательного результата, такое покрытие нужно отфрезеровать и заново уложить. На практике так практически никто не поступает и значит, на покрытии появляются и развиваются деформации и разрушения. И поскольку в силу особенностей производства дорожно-строительных материалов, убрать эту проблему невозможно, её нужно постараться минимизировать. Значит, нужно сократить время проведения лабораторных испытаний.

Внимательно проанализировав существующий подход (рис. 1), можно заменить последовательный порядок проведения испытаний параллельным (где это возможно). В результате время сократилось на 2,5 часа и составляет 13,5 часов (рис. 2). При этом до 30% времени занимает процесс остывания образцов - 5 часов. По стандарту [2] образцы должны остывать на воздухе при комнатной температуре. Достаточно часто появляются предложения ускорить этот процесс путем охлаждения образцов, например, в холодильнике, так называемым ускоренным методом. Время остывания можно сократить при этом до 1,5-2 часов.

 Повлияет ли ускоренное остывание образцов на результаты испытаний? Для решения поставленной задачи можно использовать однофакторный дисперсионный анализ – один из методов математической статистики.

Применение однофакторного F-критерия возможно, т.к. выполняются три основных предположения: экспериментальные данные должны быть случайными и независимыми, иметь нормальное распределение, а их дисперсии должны быть одинаковыми.[4]

Для решения задачи по дисперсионному анализу была использована программа под названием DISPAN, разработанной Малаховой Н.Н. под руководством доцента кафедры «Управления качеством и стандартизации» «Технологического университета» к.т.н. Копылова О.А.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Часы  Операция | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | | 13 | | 14 | | 15 | | 16 | |
| Отбор проб |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Проведение испытаний |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Изготовление образцов |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Остывание |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Водонасыщение |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Предел прочн. при сжатии при 50°С |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Предел прочн. при сжатии при 20°С |  |  |  |  | Подготовка к проведению испытания |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Сдвигоустойчивость |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Подготовка к проведению  измерений |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Трещиностойкость |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Проведение  измерений |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Водостойкость |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Статист. обработка результатов |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рис 1. График Ганта при традиционном способе проведении испытаний

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Часы  Операция | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | | 13 | | 14 | | 15 | | 16 | |
| Отбор проб |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Проведение испытаний |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Изготовление образцов |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Остывание |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Проведение измерений |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Водонасыщение |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Предел прочн. при сжатии при 50°С |  |  |  | Подготовка к проведению испытания |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Предел прочн. при сжатии при 20°С |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Сдвигоустойчивость |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Подготовка к проведению  измерений |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Трещиностойкость |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Водостойкость |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Статист. обработка результатов |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рис 2. График Ганта при предлагаемом способе проведении испытаний

Данная программа была разработана для решения двух задач:

• Проверка математического ожидания (МО) по однофакторному анализу;

• Проверка равенства дисперсий по Левенэ.

Цель эксперимента — определить, влияет ли выбор метода остывания образцов на свойства асфальтобетонной смеси. Результаты испытаний на примере предела прочности при 20°С представлены в табл. 1. Анализ полученных данных показывает, что между выборочными средними наблюдается некоторая разница.

Таблица 1

Исходная таблица дисперсионного анализа

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер испытания | Предел прочности при сжатии при 20°С, МПА | |
| Традиционный метод | Ускоренный метод |
| 1 | 3,45 | 3,56 |
| 2 | 3,74 | 3,81 |
| 3 | 4,02 | 3,49 |
| 4 | 3,89 | 3,80 |
| 5 | 4,65 | 3,62 |
| 6 | 3,21 | 2,97 |
| 7 | 5,54 | 3,55 |
| 8 | 3,65 | 3,48 |
| 9 | 4,33 | 4,87 |
| 10 | 4,12 | 3,66 |
| 11 | 4,35 | 4,08 |
| 12 | 3,96 | 4,23 |

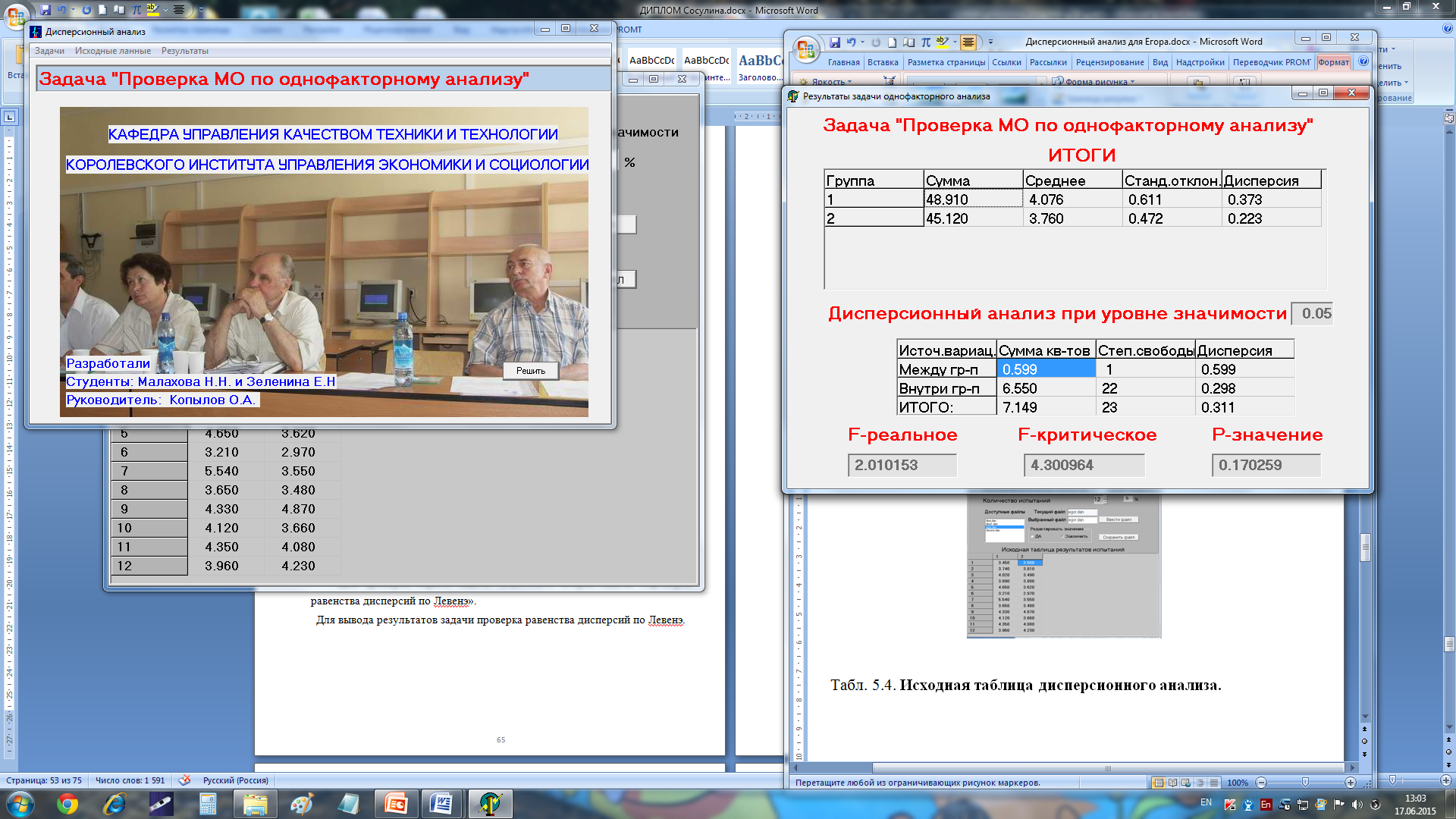


Рис 3. Результаты проверки математического ожидания по однофакторному анализу

При уровне значимости, равном 0,05, верхнее критическое значение Fкр равно 4,30. Поскольку вычисленная F-статистика, равная 2,01 не превышает верхнее критическое значение Fкр, нулевая гипотеза не отклоняется (рис. 3).

Р-значение, вероятность того, что при истинной нулевой гипотезе F-статистика не меньше 2,01 равно 0,17. Поскольку эта величина превышает уровень значимости, нулевая гипотеза не отклоняется.

Для проверки первой задачи существует вторая задача «Проверка равенства дисперсий по Левенэ».

Для вывода результатов задачи проверка равенства дисперсий по Левенэ.

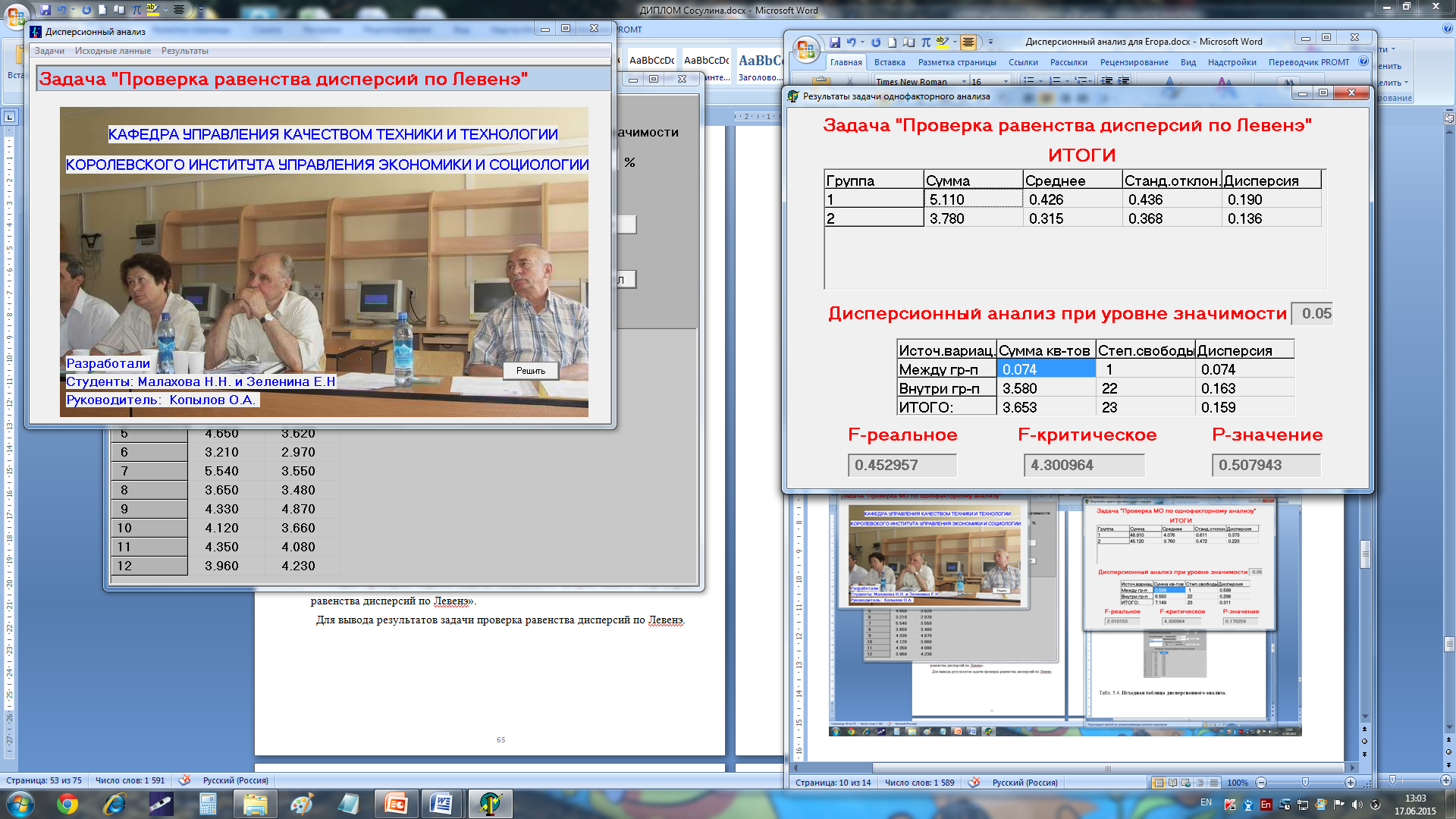


Рис 4. Результаты проверки равенства дисперсий по Левенэ

F=0,45 < 4,30;

Р-значение = 0,5 >> 0,05.

Вывод: гипотеза Н0 отклонена быть не может, т.к. между дисперсиями существенной разницы нет.

Это означает, что выбор метода остывания образцов не влияет на основные параметры асфальтобетонных смесей, а, следовательно, и на качество готового покрытия. Поэтому можно рекомендовать к использованию ускоренный метод остывания образцов в холодильнике в течение 2 часов (рис. 5).

После применения данного метода процесс определения качества смеси сократится до 10,5 часов. Это значит, что в случае выпуска смеси ненадлежащего качества, лаборатория сможет узнать об этом, принять корректирующие действия в течение 12 часов, т.е. половины смены.

**Список используемых источников:**

1. ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
2. ГОСТ 12801-98\* Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
3. Рокас С. Ю. Статистический контроль качества в дорожном строительстве. М., Транспорт, 1977. 150 с.
4. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятности и математической статистики, Москва 2010 г

Воейко Ольга Александровна

141074, г. Королев, ул. Гагарина, д. 48, кв. 28

olga\_voeyko@mail.ru

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Часы  Операция | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Отбор проб |  |  |  |  |  |  |  |  | Проведение испытаний |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Изготовление образцов |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Остывание |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Проведение измерений |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Водонасыщение | Подготовка к проведению испытания |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Предел прочн. при сжатии при 50°С |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Предел прочн. при сжатии при 20°С |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Сдвигоустойчивость |  |  |  |  |  |  | Подготовка к проведению  измерений |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Трещиностойкость |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Водостойкость |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Статист. обработка результатов |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рис 5. Технологическая карта процесса испытания смеси при ускоренном методе испытания образцов