

Субботин Игорь Валентинович

Subbotin Igor Valentinovich

Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)

Moscow Automobile And Road Construction/State Technical University (MADI)

Аспирант кафедры «Технология конструкционных материалов»

Post graduate

05.23.05 - Строительные материалы и изделия

subbotin-iv@rambler.ru

Применение ультразвуковой активации битума на асфальтобетонных заводах

Usage of ultrasound activation of bitumen on asphalt-concrete plants

Аннотация: В статье рассмотрен способ повышения качества асфальтобетонных покрытий с помощью ультразвуковой обработки битума. Изучены характеристики асфальтобетонных смесей, изготовленных на обработанном битуме. Рассмотрено технологическое ультразвуковое оборудование, установленное на асфальтобетонном заводе.

The Abstract: In article the way of increasing of bitumen properties with use of ultrasound treatment is considered. Properties of asphalt concrete mixes made with activated bitumen are investigated. Also there is considered ultrasound equipment, constructed on asphalt-concrete plant.

Ключевые слова: Асфальтобетон, битум, адгезия, ультразвук, асфальто-бетонный завод

Keywords: Asphalt concrete, bitumen, adhesion, ultrasound, asphalt-concrete plant.

Качество и долговечность асфальтобетонных покрытий во многом определяется характеристиками применяемого битума. Одним из важнейших свойств вяжущего, определяющих дальнейшую работу асфальтобетонного покрытия, является адгезия битума к минеральному материалу. Применяемый в дорожном строительстве битум, изготовленный на основе окисленного гудрона, обладает невысокой адгезией к минеральным материалам кислых пород.

Увеличение адгезии битума к минеральным материалам может быть достигнуто путём введением поверхностно-активных веществ (ПАВ) [1], но при этом адгезионные ПАВ обладают рядом недостатков, затрудняющих их эффективное применение.

Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является ультразвуковая активация битума [2]. Повышение адгезионных характеристик битума может быть достигнуто за счет ряда эффектов, возникающих при ультразвуковой обработке битума, в частности развитой кавитации и акустических течений различного масштаба [3].

Проведенные лабораторные эксперименты подтвердили положительный эффект ультразвуковой обработки битума. При этом возможности и конструктивные особенности технологического оборудования позволяют применять ультразвуковую обработку битума в процессе производства асфальтобетонных смесей [4, 5]. Для последующего эффективного перехода от лабораторных условий к производственным, необходимо в первую очередь оценить показатели асфальтобетонных смесей, изготовленных на обработанном битуме.

На основе выполненных ранее экспериментов по ультразвуковой обработке битума были проведены испытания асфальтобетонных смесей, изготовленных на активированном вяжущем. Ультразвуковая обработка битума проводилась непосредственно перед добавлением его в разогретую до технологических температур минеральную смесь. Для получения сопоставимых результатов применялись одинаковые составы асфальтобетонных смесей типа Б марки I на обработанном и исходном битумах. Асфальтобетон на битуме, обработанном ультразвуком, обладает повышенными характеристиками по сравнению со стандартной технологией (Рис. 1. – Рис. 3.). Необходимо отметить, что применение ультразвуковой обработки позволяет снизить содержание битума в смеси за счет снижения его вязкости и увеличения адгезии. Получаемая при использовании обработанного ультразвуком битума плёнка вяжущего обладает меньшей толщиной вследствие пониженной вязкости битума, однако сцепление с поверхностью каменного материала выше, чем в случае стандартного битума. Материал обладает повышенной прочностью, которая не снижается при водонасыщении, что соответственно отражается на росте коэффициента водостойкости.

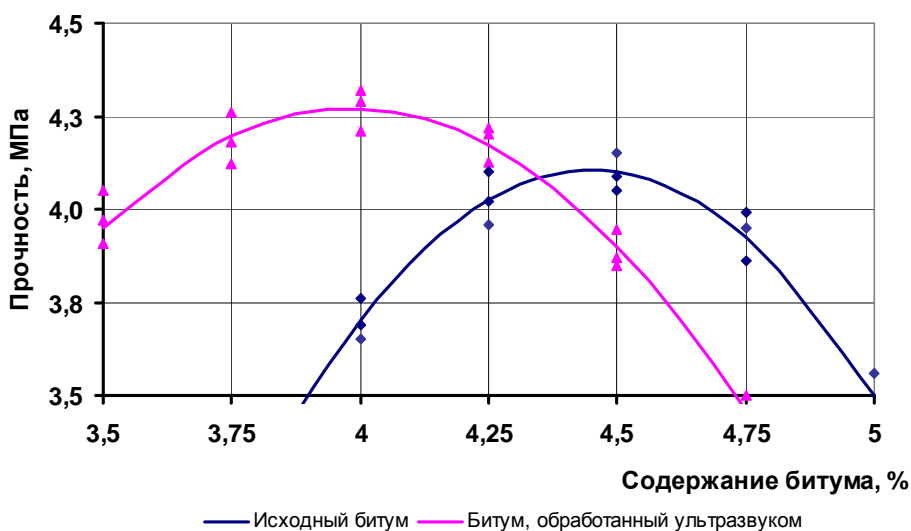


Рис. 1. Зависимость прочности при 20°C от содержания битума в смеси

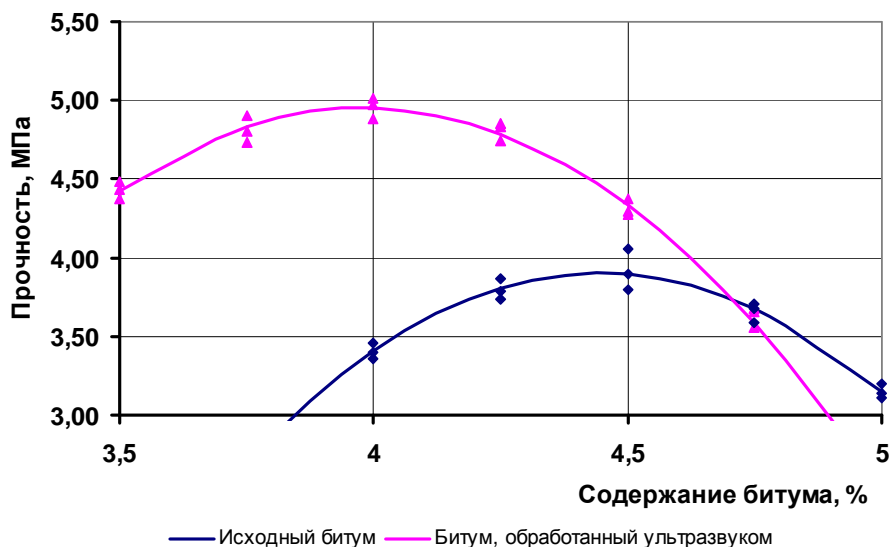


Рис. 2. Зависимость прочности в водонасыщенном состоянии от содержания битума в смеси

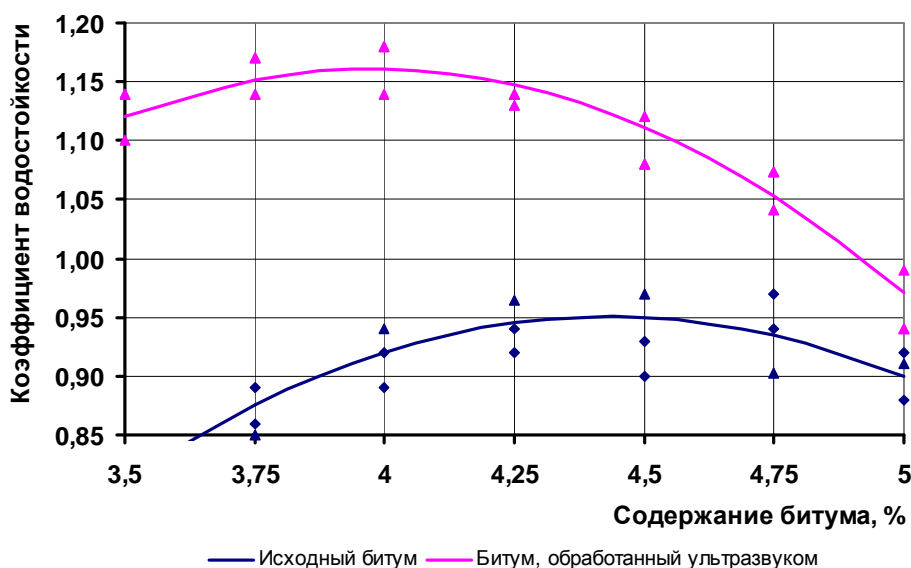


Рис. 3. Зависимость коэффициента водостойкости от содержания битума в смеси

Таким образом, на основе проведённых исследований и выполненных экспериментов определены основные факторы, влияющие на эффективность применения технологии ультразвуковой обработки в производственных условиях. Первый и основной фактор – создание в обрабатываемой среде кавитации и акустических течений различного масштаба [3]. Создание данного режима в разогретом битуме, в соответствии с выполненными экспериментальными исследованиями и результатами теоретического анализа, способствует достижению наибольшего эффекта адгезии битума к минеральным материалам. Второй фактор – длительность ультразвуковой обработки, определяющая полноту протекания в битуме ряда физико-химических процессов, связанных с воздействием ультразвука, а также величину энергетических затрат на получение требуемого эффекта. Третий фактор – схема введения ультразвуковых колебаний в разогретый битум. В значительной степени выбор схемы введения колебаний в битум связан с конструктивными особенностями применяемого источника колебаний и формой его излучающей поверхности. В условиях асфальтобетонных заводов (АБЗ) технологическая операция ультразвуковой обработки битума является частью общего технологического процесса приготовления асфальтобетона, поэтому конструкция излучателя и выбираемая схема введения колебаний в битум оказываются зависимыми от общей технологической схемы размещения оборудования на АБЗ.

В разработанном технологическом оборудовании в качестве ультразвуковой колебательной системы используется магнитострикционный преобразователь ПМС 15А-18 мощностью 4 кВт и стержневой концентратор с диаметром излучающего торца 45 мм. Данная установка допускает возможность монтажа на существующий битумпровод АБЗ, обрабатывая таким образом полный объём проходящего через рабочую зону битума (Рис. 4).

Так как стандартные методики оценки сцепления битума с минеральным материалом не позволяют дать количественную оценку адгезии битума, было принято решение использовать для оперативного контроля эффекта ультразвуковой обработки методику оценки адгезии посредством измерения диэлектрической проницаемости (ДП) [6]. В основе метода лежит свойство полярности макромолекул нефтяных систем, к числу которых относятся, в первую очередь, асфальтены.

В производственных условиях требуется измерять величину ДП битума, идущего по битумопроводу, поэтому наиболее оптимальной является проточная конструкция узла. Сконструированный проточный измерительный конденсатор был протестирован сначала в лабора-

торных условиях. Общий вид комплекса в момент измерений показан на рис. 5. Были выполнены измерения ДП битума в зависимости от его температуры, а также в зависимости от времени ультразвуковой обработки. Все измерения проводились на частоте сканирующего сигнала прибора Е7-20 равной 700 кГц, обработка ультразвуком осуществлялась на ранее установленном оптимальном режиме амплитуды смещения 5 мкм.



Рис. 4.

Ультразвуковая установка на базе излучателя ПМС 15А-18

- 1 – ультразвуковой магнестрикционный преобразователь ПМС 15А-18;*
- 2 – ёмкость с озвучиваемой средой;*
- 3 – жидкостной термостат;*
- 4 – ультразвуковой генератор УЗГ5-20;*
- 5 – регистратор сигнала обратной связи (вольтметр ВЗ-38А);*
- 6 – регистратор температуры среды («Микролаб-2»)*

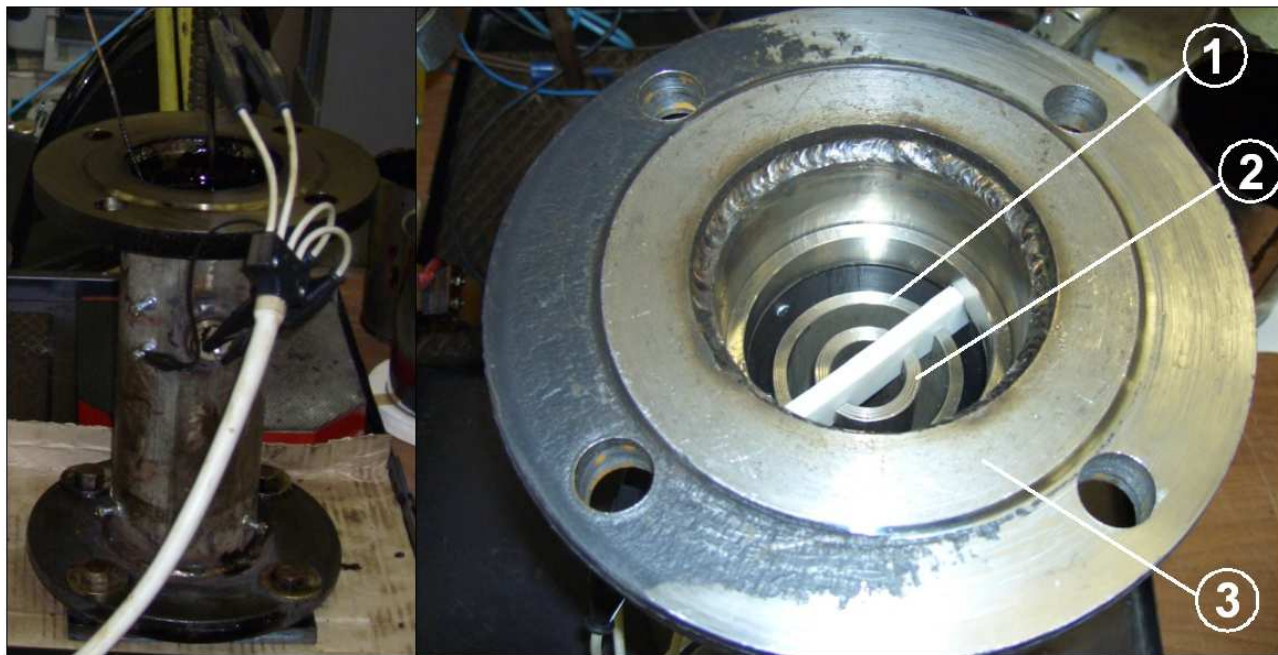


Рис. 5. Комплекс для измерения диэлектрической проницаемости битума
1 – внешняя измерительная оболочка проточного конденсатора
2 - внутренняя измерительная оболочка проточного конденсатора
3 – корпус проточного конденсатора

Для проведения испытания по определению зависимости величины диэлектрической проницаемости (ϵ_x) битума от температуры измерительный конденсатор был предварительно разогрет до температуры 180°C, затем в него наливался разогретый до температуры 180-200°C битум. В битум также погружалась термопара, затем осуществлялись измерения с интервалом в 10°C, кроме области 140-160°C, где был выбран интервал 5°C. Результаты испытаний представлены на рис. 6

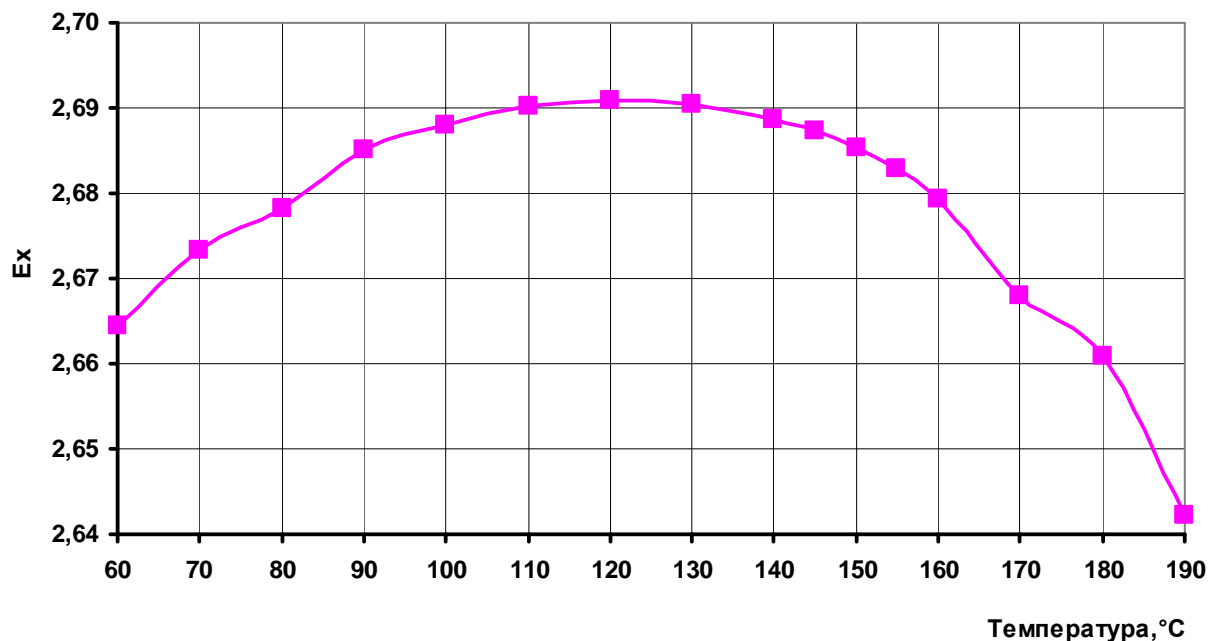


Рис. 6. Изменение диэлектрической проницаемости битума в зависимости от температуры

Как видно из графика, диэлектрическая проницаемость зависит от температуры, как было установлено ранее на лабораторном пластинчатом конденсаторе [5]. Величина ДП битума интенсивно растёт до достижения 100°C, затем наблюдается более ровный участок до 130°C. При достижении 140-145°C величина ДП начинает уменьшаться.

При измерении ДП после ультразвуковой обработки битума замеры производились через интервал обработки 30 секунд, общее время обработки составило 300 секунд. Такой значительный интервал был взят для того, чтобы приблизить лабораторный стенд к производственным условиям, где требуется определенное число циклов прохождения битума через ультразвуковую установку. Результаты измерений представлены на рис. 7

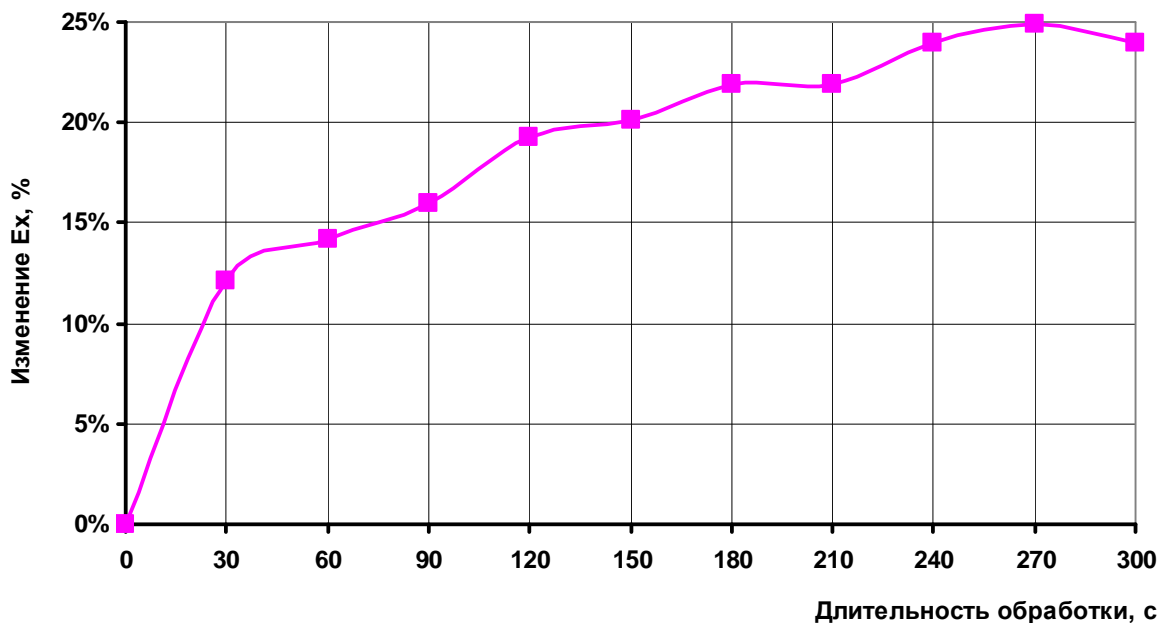


Рис. 7. Изменение диэлектрической проницаемости битума в зависимости от длительности ультразвуковой обработки

По графику видно, что величина ДП, выраженная в процентах относительно исходного битума, значительно изменяется уже после 30 секунд ультразвуковой обработки, при этом характер изменения ДП соответствует полученной ранее зависимости [5].

Включение проточного измерительного конденсатора в комплекс технологического оборудования позволяет оперативно оценивать изменения, вносимые ультразвуковой обработкой в характеристики битума на АБЗ. Компоненты комплекса оборудования, смонтированного на АБЗ ЗАО «Союз-лес» представлены на рис. 8. Данное технологическое ультразвуковое оборудование позволяет в заводских условиях получать результаты, сопоставимые количественно с величинами, полученными при лабораторных экспериментах.



Рис. 8.

- 1 – ёмкость для битума с механической мешалкой; 2 – ультразвуковая установка;
3 – насосная установка; 4 – электрический щит управления;
5 – частотный регулятор; 6 – блок регистрации температуры и давления;
7 – ультразвуковой генератор;
8 – блок регистрации режима работы ультразвуковой установки.

Практическое применение разработанного оборудования осуществлялось при выпуске ряда партий асфальтобетонных смесей, использованных для возведения верхних слоев дорожных одежд на ряде участков МКАД. Производство асфальтобетонной смеси проводилось по стандартной технологии, за исключение предварительной обработки битума ультразвуком перед подачей в смеситель. Укладка экспериментальных смесей, изготовленных на обработанном ультразвуком битуме, проводилась на объекте МКАД, внешняя сторона, 88+470 - 87+960,5 (ряд 1,2), 88+480 - 87+988 (ряд 4,5) в соответствии с государственным контрактом от 16.11.2010г. № 1314-ДЖКХ/10. Результаты мероприятий по мониторингу возведенных покрытий представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты оценки эксплуатационного состояния объекта

№ п/п	Дефект верхнего слоя дорожного покрытия	До начала работ (ноябрь 2010 г.)	После работ (декабрь 2010 г.)	Диагностика (август 2011 г.)
1	Трещины	Продольные, поперечные, сетка	отсутствуют	Отраженные трещины 153,5 п.м.
2	Выкрашивание	есть	отсутствует	отсутствует
3	Шелушение	есть	отсутствует	отсутствует
4	Колея	20-50 мм	отсутствует	4-8 мм
5	Выбоины	есть	отсутствуют	отсутствуют
6	Просадки	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют
7	Кромки швов (спайки)	-	удовлетворительные	удовлетворительные

Экономический эффект от внедрения технологии ультразвуковой обработки битума достигается за счет повышения качества битума, выраженного в увеличенной адгезии и сниженной вязкости, что позволяет снизить расход вяжущего при производстве асфальтобетонных смесей, а также отказаться от применения дорогостоящих адгезионных добавок.

Таким образом, выполненные лабораторные и опытно-производственные эксперименты, а также опытное внедрение технологии ультразвуковой обработки битума подтверждают высокую эффективность данной технологии для повышения качества асфальтобетонных смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. - М., 1973. – 264 с.
2. Зинченко В.Н. Исследование влияния ультразвуковой обработки битума на структурообразование и свойства асфальтобетона: Дисс. канд. техн. наук. – Харьков, 1979. – 243 с.
3. Приходько В.М. Повышение эффективности процесса ультразвуковой очистки деталей топливной аппаратуры автотракторных двигателей при ремонте. Дис.канд. техн. наук. М., 1975. 175 с.
4. Васильев Ю.Э. Механохимическая активация битума / Ю.Э. Васильев, В.М. Юмашев, И.В. Субботин // Промышленное и гражданское строительство № 2 – Москва, 2010, с.38-39
5. Калачев Ю.Н. Контроль процесса ультразвуковой обработки битума на асфальтобетонных заводах / Ю.Н. Калачев, Р.И. Нигметзянов, И.В. Субботин // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности – Москва, 2011, с.20-24
6. Кортянович К.В., Евдокимова Н.Г., Жирнов Б.С. Диэлектрическая проницаемость как показатель, характеризующий адгезионные свойства битума. Нефтегазовое дело. Электронный научный журнал. Выпуск.2/2006.[Электронный ресурс] - Режим доступа: [http://www.ogbus.ru /authors/Kortyanovich/Kortyanovich_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Kortyanovich/Kortyanovich_1.pdf) – свободный. - Загл. с экрана.