
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

Экология

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Экология»

для подготовки бакалавров

Разработчик:
доцент кафедры РЭТЭМ, канд. биол. наук
Е.Г.Незнамова

Томск 2018

СОДЕРЖАНИЕ:

Лабораторная работа № 1. Расчет концентрации загрязняющих веществ в районе промышленного предприятия	3
Лабораторная работа № 2. Определение ПДВ промышленного предприятия	8
Лабораторная работа № 3. Определение санитарно-защитной зоны промышленного предприятия	10
Использованная литература	11

Лабораторная работа № 1. Расчет концентрации загрязняющих веществ в районе промышленного предприятия

Целью настоящей работы является ознакомление с методикой расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами точечного источника (в основном из труб промышленных предприятий). Все источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на точечные (например, труба предприятия), плоскостные (свалка) и линейные (автомагистраль).

В ходе проводимых расчетов вначале определяется максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе C_{\max} , которая может быть достигнута при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях (как правило, при опасной скорости ветра U_{\max} и на определенном от источника выбросов расстоянии x_{\max}). Затем определяется концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе на заданном расстоянии x от источника выбросов. Расчет максимальной концентрации C_{\max} ($\text{мг}/\text{м}^3$) загрязняющего вещества в воздухе выполняется в соответствии с формулой: $C_{\max} = AMFm\Gamma H^{-2}(V_1\Delta T)^{-1/3}$, (1)

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; Значения коэффициента A для территорий России южнее 50° с.ш., Сибири, Дальнего Востока и Казахстана составляет 200.

M – масса загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси (ГВС) из источника;

H – высота устья источника над уровнем земли, м;

Γ – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (если территория, на которой расположен источник выбросов, ровная, т.е. перепад высот не превышает 50 м на 1 км, то $\Gamma = 1$; если перепад высот более 50 м, но не превышает 100 м на 1 км, то $\Gamma = 2$; для сильно пересеченной местности $\Gamma = 3$);

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и средней температурой окружающего воздуха в самое жаркое время года T_o , $^\circ\text{C}$ (для Томска значение T_o принимается равным $24,7^\circ\text{C}$);

V_1 – расход газовой смеси ($\text{м}^3/\text{с}$), рассчитываемый по формуле:

$$V_1 = \pi D^2 W_{\text{cp}} / 4 = 0,785 D^2 W_{\text{cp}}, \quad (2)$$

где D – диаметр устья источника выбросов (трубы), м;

W_{cp} – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника, м/с. ($W_{\text{cp}} = 7$ м/сек).

При наличии на предприятии очистных и газозадерживающих сооружений принимают $F = 1$ для всех газообразных веществ, а также для мелкодисперсных веществ (зола, пыль и др.) и $F = 2$ для мелкодисперсных аэрозолей. Если очистные и газозадерживающие сооружения отсутствуют, то $F = 3$.

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров r и q , которые рассчитываются по формулам (3) и (4).

$$r = 1000 W_{\text{cp}}^2 D H^{-2} \Delta T^{-1}; \quad (3)$$

$$q = 0,65 (V_1 \Delta T / H)^{1/3}. \quad (4)$$

$$m = (0,67 + 0,1r^{1/2} + 0,34r^{1/3})^{-1}, \text{ если } r < 100; \\ m = 1,47r^{-1/3}, \text{ если } r \geq 100. \quad (5)$$

$$n = 0,532q^2 - 2,13q + 3,13, \text{ если } 0,5 \leq q < 2; \\ n = 4,4q, \text{ если } q < 0,5; \\ n = 1, \text{ если } q \geq 2. \quad (6)$$

Определение расстояния x_{\max} (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C ($\text{мг}/\text{м}^3$) достигает максимального значения C_{\max} ($\text{мг}/\text{м}^3$), выполняется с помощью формулы:

$$x_{\max} = 0,25(5 - F)kH; \quad (7)$$

где k – безразмерный коэффициент, рассчитываемый с помощью формул (8) и (9).

Для $r < 100$:

$$k = 2,48(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$k = 4,95q(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$k = 7q^{1/2}(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } q > 2; \quad (8)$$

для $r \geq 100$:

$$k = 5,7, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$k = 11,4q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$k = 16q^{1/2}, \text{ при } q > 2. \quad (9)$$

Основными метеорологическими факторами, влияющими на концентрацию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, являются скорость и направление ветра. Опасная скорость ветра U_{\max} (м/с), при которой достигается на расстоянии x_{\max} от источника выбросов максимально возможное значение концентрации загрязняющего вещества C_{\max} , определяется по формулам (10) и (11).

Для $r < 100$:

$$U_{\max} = 0,5, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$U_{\max} = q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$U_{\max} = q(1 + 0,12r^{1/2}), \text{ при } q > 2; \quad (10)$$

для $r \geq 100$:

$$U_{\max} = 0,5, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$U_{\max} = q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2;$$

$$U_{\max} = 2,2q, \text{ при } q > 2. \quad (11)$$

При опасной скорости ветра U_{\max} приземная концентрация загрязняющего вещества C в атмосферном воздухе на расстоянии x от источника выбросов рассчитывается по формуле:

$$C = S_1 C_{\max}, \quad (12)$$

где S_1 - безразмерная величина, зависящая от значения коэффициента F и отношения x/x_{\max} , которое обозначено ниже через α :

$$S_1 = 1,13(0,13\alpha^2 + 1)^{-1}, \text{ при } 1 < \alpha \leq 8;$$

$$S_1 = \alpha(3,58\alpha^2 + 35,2\alpha + 120)^{-1}, \text{ при } F \leq 1,5 \text{ и } \alpha > 8;$$

$$S_1 = (0,1\alpha^2 + 2,17\alpha - 17,8)^{-1}, \text{ при } F > 1,5 \text{ и } \alpha > 8. \quad (13)$$

Для низких и приземных источников выбросов, для которых $2 \leq H < 10$, выражение для S_1 имеет вид:

$$S_1 = 0,125[10 - H + (H - 2)S_1^*], \quad (14)$$

где S_1^* определяется по формуле (13*):

$$S_1^* = 3\alpha^4 - 8\alpha^3 + 6\alpha^2, \text{ при } \alpha \leq 1. \quad (13^*)$$

Требования к оформлению отчета:

1. В отчете необходимо привести следующие данные: название предприятия; характеристики источника выбросов (высота и диаметр устья трубы, температура ГВС); характеристики выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ (название, ПДК_{с.с.}, объем выброса); значение опасной скорости ветра U_{\max} ; результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой; конечные результаты (концентрацию каждого из выбрасываемых загрязняющих веществ на расстоянии 500 м от источника выброса и отношение $C_{500}/\text{ПДК}_{с.с.}$, при этом точность расчета концентрации загрязняющего вещества C_{500} должна соответствовать точности табличного значения его ПДК_{с.с.}).

2. Полученные данные оформить в виде таблицы. Отчет завершить выводами.

Вариант 21. Предприятие «ЭТАЛОН»				
Загрязняющее вещество (ПДК _{с.с.} , мг/м ³)	M, г/с	C _{max} , мг/м ³	C ₅₀₀ , мг/м ³	C ₅₀₀ /ПДК _{с.с.}
зола (0,5)	0,2	0,005	0,004	0,008
окислы азота (0,04)	2,5	0,060	0,05	1,2
ртуть (0,0003)	0,3	0,007	0,0062	20,7
фенол (0,003)	0,8	0,019	0,017	5,7
H = 29 м; D = 1,4 м; T = 87 °С; ΔT = 62,3 °С; V ₁ = 10,770; r = 1,309; q = 1,852; m = 0,865; n = 1,010; C _{max} = 0,024M; k = 11,975; x _{max} ≈ 347,3 м; U _{max} ≈ 1,8 м; α = 1,440; S ₁ = 0,890.				

Средняя суточная ПДК в атмосфере населенных пунктов

Вещество	ПДК _{с.с.} , мг/м ³
акролеин	0,03
аммиак	0,04
анилин	0,03
ацетон	0,35
бензол	0,1
диоксид серы	0,05
диоксид углерода	3,0
зола	0,5
медь	0,002
никель	0,001
окислы азота	0,04
окись этилена	0,03
оксид углерода	1,0
пропилен	3,0
пыль	0,15
пыль цементная	0,01
ртуть металлическая	0,0003
сажа	0,05
свинец	0,0003
сероводород	0,008
спирт метиловый	0,5
спирт этиловый	5,0
фенол	0,003
формальдегид	0,003
хлор	0,03
хлористый водород	0,2

Характеристики предприятий

№	Предприятия и загрязняющие вещества	Высота трубы, м	Диаметр устья трубы, м	Температура ГВС, °С	Выброс вещества, г/с
1	2	3	4	5	6
1	“АСТРА” акролеин окислы азота сажа свинец	11	0,6	95	2,2 1,7 1,1 0,8
2	“БАРЬЕР” акролеин ацетон ртуть фенол	44	1,1	90	12,0 2,7 0,4 7,7
3	“ВЕГА” диоксид серы оксид углерода сажа фенол	33	1,2	100	1,0 1,2 4,8 3,3
4	“ГЛОБУС” аммиак окислы азота сажа фенол	26	2,1	135	3,4 1,6 9,8 0,9
5	“ГРАНИТ” аммиак диоксид углерода зола формальдегид	25	1,0	130	2,9 3,9 3,6 1,8
6	“ЗАРЯ” ацетон ртуть фенол формальдегид	12	1,7	123	1,5 0,2 0,5 2,7
7	“ДИНАМО” акролеин окислы азота ртуть сажа	38	1,2	118	10,0 1,5 0,3 1,7
8	“КАЛИБР” ацетон диоксид серы зола фенол	21	1,6	115	2,2 1,6 4,1 1,0
9	“КВАРЦ” аммиак оксид углерода свинец формальдегид	35	1,3	130	3,9 1,5 1,2 2,6
10	“ЛУЧ” акролеин диоксид углерода зола оксид углерода	17	1,8	105	7,9 3,4 3,5 0,9
11	“МЕТЕОР” ацетон диоксид серы сажа свинец	40	1,5	112	2,4 2,1 2,0 1,5

12	“ОМЕГА” аммиак диоксид углерода ртуть формальдегид	19	0,9	120	2,9 3,9 0,4 2,1
13	“ПРОТОН” акролеин зола окислы азота фенол	31	1,2	125	6,3 5,4 2,0 2,6
14	“РЕСУРС” диоксид углерода диоксид серы оксид углерода свинец	23	1,9	105	3,5 2,0 1,8 1,3
15	“РУБИН” ацетон ртуть сажа формальдегид	33	1,1	140	3,1 0,3 12,7 3,0
16	“СИГМА” аммиак диоксид серы окислы азота фенол	24	1,4	110	3,1 1,8 1,8 2,9
17	“СПЕКТР” диоксид углерода зола сажа свинец	37	1,6	114	3,9 5,7 14,0 1,8
18	“ТИТАН” акролеин оксид углерода ртуть формальдегид	48	1,3	85	7,4 3,0 0,6 4,1
19	“ТОПАЗ” диоксид углерода окислы азота свинец фенол	27	1,2	97	3,1 2,2 1,4 2,5
20	“ФОТОН” аммиак диоксид серы зола оксид углерода	18	0,8	110	2,8 2,1 3,2 1,9

Примечания к таблице:

- 1) все предприятия расположены в г. Томске, имеют очистные и газоулавливающие сооружения;
- 2) перепад высот на территориях всех предприятий не превышает 50 м на 1 км.

Лабораторная работа № 2. Определение ПДВ промышленного предприятия

Целью работы является ознакомление с методикой расчетов ПДВ загрязняющих веществ для предприятий (с учетом фоновых концентраций) и минимально допустимой высоты трубы H_{\min} . Работа является продолжением работы № 5, в описании которой имеются необходимые данные.

1. Расчет ПДВ и минимальной высоты источника выбросов предприятия

Расчеты ПДВ и H_{\min} выполняются, как правило, при проектировании предприятия и выборе места его расположения на местности с учетом технологического процесса, а также при планировании изменения технологического процесса, либо при изменении проектных мощностей.

При определении минимальной высоты источника выбросов и установлении предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ необходимо учитывать, что средняя суточная концентрация C_i каждого i -го загрязняющего вещества в приземном слое атмосферы населенных пунктов не должна превышать его предельно допустимой концентрации ПДК $_i$, т.е.

$$C_i \leq \text{ПДК}_i. \quad (1)$$

При наличии фонового загрязнения атмосферы (оно характеризуется значением C_{ϕ}), которое может возникнуть при расположении на данной территории функционирующих предприятий, уже выбрасывающих в атмосферу аналогичные загрязняющие вещества, необходимо вместо C применять величину $C + C_{\phi}$, т.е.

$$C + C_{\phi} \leq \text{ПДК}_{\text{с.с.}}. \quad (2)$$

Примечание: для зон курортов, мест размещения зон отдыха населения и других территорий с повышенными требованиями к охране атмосферного воздуха вместо ПДК $_{\text{с.с.}}$ необходимо применять значение, равное $0,8 \text{ ПДК}_{\text{с.с.}}$.

При расчете C_{ϕ} необходимо определить все предприятия, выбрасывающие в атмосферу аналогичные загрязняющие вещества, вычислить расстояние от их источников выбросов (труб) до места планируемого размещения предприятия, для которого устанавливается ПДВ, и по методике, описанной в работе № 1, определить уровень концентрации от имеющихся источников в районе размещаемого предприятия. Полученные значения концентрации для расчетных предприятий будут считаться фоновыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Для определения C следует провести расчеты C_{\max} по методике, изложенной в работе № 1, и принять полученное значение за C .

Изменяя значение M в формуле (1) из описания работы № 1 (изменяя массу выбрасываемого в атмосферу вещества), добиться выполнения неравенства (2). Полученное значение выброса (г/с) будет для планируемого предприятия предельно допустимым – в этом случае при размещении предприятия на данной территории с учетом уже имеющихся предприятий экологическая обстановка в любой точке территории при любых метеоусловиях будет пригодной для жизни людей.

Для источника выбросов с круглым устьем в случае $C_{\phi} < \text{ПДК}_{\text{с.с.}}$ можно рассчитать ПДВ (г/с) также с помощью следующей формулы:

$$\text{ПДВ} = (V_1 \Delta T)^{1/3} H^2 (\text{ПДК}_{\text{с.с.}} - C_{\phi}) / A F m n \Gamma. \quad (3)$$

Минимальная высота источника выбросов (трубы), рассчитываемая при проектировании предприятия:

$$H_{\min} = (V_1 \Delta T)^{-1/6} [A M F m n \Gamma / (\text{ПДК}_{\text{с.с.}} - C_{\phi})]^{1/2}, \quad (4)$$

где V_1 , ΔT , A , F , m , n , Γ , ПДК $_{\text{с.с.}}$ – параметры, описанные в работе № 1;

M – объем выбросов, т.е. масса загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу проектируемым предприятием в единицу времени.

Примечания:

1) Если из источника выбрасывается несколько загрязняющих веществ, то за высоту трубы должно приниматься наибольшее из значений H_{\min} , которые определены для каждого вещества в отдельности.

2) Увеличение высоты трубы производится для обеспечения рассеивания с целью соблюдения величины ПДК $_{\text{с.с.}}$ в приземном слое атмосферы. При этом не допускается использование на энергетических объектах труб выше 250 м, а на других производствах – более 200 м. Если при расчетах получены значения, превышающие указанные, делается вывод о необходимости пересмотра технологического процесса с целью снижения выбросов в атмосферу, либо (при проектировании предприятия) изменения места расположения предприятия.

2. Задание по работе

1. В варианте сочетания названий предприятий, указанном преподавателем, принять первое предприятие за уже функционирующее, а второе – за проектируемое. Определить для второго предприятия ПДВ и минимальную высоту трубы с учетом фоновой концентрации, создаваемой первым предприятием.

2. Расчет конкретного варианта выполнить по тем загрязняющим веществам, которые совпадают в выбросах обоих предприятий.

3. Расстояние между 1-м и 2-м предприятиями принять равным 3000 м.

4. Сделать выводы на основе анализа полученных результатов.

5. Представить отчет по работе.

3. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо представить следующие данные: номер варианта с указанием сочетания названий предприятий; результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой; конечные результаты.

2. Полученные данные оформить в виде таблицы в соответствии с образцом (проектируемое предприятие – «ДИНАМО»):

Вариант 21. «ЭТАЛОН» + «ДИНАМО»					
Загрязняющее вещество	$C_{\text{ф}}$, мг/м ³	C_{max} , мг/м ³	ПДВ, г/с	М/ПДВ	H_{min} , м
окислы азота	0,00072	0,03928	2,47	0,6	29,6
ртуть	0,000084	0,000216	0,0136	22,0	178,6
«ЭТАЛОН» $\alpha = 8,639$; $S_1 = 0,012$.	«ДИНАМО» $\Delta T = 93,3 \text{ }^\circ\text{C}$; $V_1 = 7,913$; $m = 1,006$; $n = 1,032$; $M(\text{окислы азота}) = 1,5 \text{ г/с}$; $M(\text{ртуть}) = 0,3 \text{ г/с}$.				

3. Отчет завершить выводами.

4. Таблица вариантов выполнения расчетов:

№	Сочетание предприятий	№	Сочетание предприятий
1.	«АСТРА» + «ГЛОБУС»	11.	«МЕТЕОР» + «КАЛИБР»
2.	«БАРЬЕР» + «ЗАРЯ»	12.	«ОМЕГА» + «РУБИН»
3.	«ВЕГА» + «МЕТЕОР»	13.	«ПРОТОН» + «КАЛИБР»
4.	«ГЛОБУС» + «ДИНАМО»	14.	«РЕСУРС» + «ВЕГА»
5.	«ГРАНИТ» + «ФОТОН»	15.	«РУБИН» + «ЗАРЯ»
6.	«ЗАРЯ» + «ТИТАН»	16.	«СИГМА» + «ТОПАЗ»
7.	«ДИНАМО» + «ПРОТОН»	17.	«СПЕКТР» + «МЕТЕОР»
8.	«КАЛИБР» + «ФОТОН»	18.	«ТИТАН» + «РУБИН»
9.	«КВАРЦ» + «РЕСУРС»	19.	«ТОПАЗ» + «ГЛОБУС»
10.	«ЛУЧ» + «СПЕКТР»	20.	«ФОТОН» + «РЕСУРС»

Лабораторная работа № 3. Определение санитарно-защитной зоны промышленного предприятия

Целью работы является определение границ санитарно-защитной зоны предприятия (СЗЗ) и графическое изображение контуров зоны в зависимости от розы ветров. Работа является продолжением работы № 5, в описании которой имеются данные, необходимые для выполнения настоящей работы.

1. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятия

Размеры СЗЗ в зависимости от розы ветров определяются по формуле $L = xP/P_0$, где L – расстояние от источника выбросов до границы СЗЗ в рассматриваемом румбе (направлении ветра) розы ветров, м (значения L , как правило, различаются для ветров разных направлений);

x – расстояние до участка местности в данном направлении, где концентрация загрязняющего веществ равна 1 ПДК_{с.с.} (рассчитывается при $1 < x/x_{\max} \leq 8$), м;

P – среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба, %;

P_0 – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, % (например, при восьмирумбовой розе ветров $P_0 = 12,5\%$.)

Примечание: для Томской области имеет место следующая повторяемость направлений ветров: Ю– 9 %; С – 37 %; Ю-В – 10 %; С-З–16 %; В – 8 %; З– 6 %; С-В–8 %; Ю-З – 6 %.

При расчетах следует оценить границу зоны, на которой уровень концентрации равен 1 ПДК_{с.с.} для каждого из загрязняющих веществ, выбрасываемых точечными источниками данного предприятия. Из полученных оценок выбрать наибольшую, приняв ее за границу санитарно-защитной зоны предприятия.

2. Задание по работе

1. Для источника выбросов предприятия, указанного преподавателем, необходимо рассчитать расстояние до границы санитарно-защитной зоны, используя при этом восьмирумбовую розу ветров.

2. Расчеты выполнить для всех загрязняющих веществ, выбрасываемых указанным предприятием.

3. Результаты расчетов изобразить графически, отмерив в масштабе на векторах каждого направления ветра (Ю, Ю-В, В, С-В, С, С-З, З, Ю-З) расстояние, на котором достигается концентрация каждого из выбрасываемых загрязняющих веществ, равная 1 ПДК_{с.с.}. Полученные для каждого из веществ точки соединить замкнутой ломаной линией.

4. На чертеже, представляемом для отчета, следует показать окончательные контуры СЗЗ.

5. Сделать выводы по результатам данной работы. (Например, если выяснится, что максимально возможные концентрации выбрасываемых загрязняющих веществ $C_{\max} < 1$ ПДК_{с.с.}, делается заключение о том, что СЗЗ не нужна.)

6. Представить отчет по работе с рисунком и выводами.

3. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо представить следующие данные: номер варианта с указанием названия предприятия; характеристики его источника выбросов; результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой; конечные результаты представить в виде таблицы по следующему образцу:

Вариант № 21. Предприятие «ЭТАЛОН»				
Характеристика	Загрязняющее вещество			
	зола	окислы азота	фенол	ртуть
ПДК _{с.с.} , мг/м ³	0,5	0,04	0,003	0,0003
C_{\max} , мг/м ³	0,005	0,060	0,019	0,007
x_{\max} , м	47,275	347,275	347,275	347,275
x , м	–	801,947	368,855	4844,902
$L_{Ю}$, м				3488,3
$L_{Ю-В}$, м				3875,9
$L_{В}$, м				3100,7
$L_{С-В}$, м				3100,7
$L_{С}$, м				14340,9
$L_{С-З}$, м				6201,5
$L_{З}$, м				2325,6

ЛЮ-3, м				2325,6
$P_{Ю}/P_0 = 0,72;$	$P_{Ю-В}/P_0 = 0,80;$	$P_В/P_0 = 0,64;$	$P_{С-В}/P_0 = 0,64;$	
$P_С/P_0 = 2,96;$	$P_{С-3}/P_0 = 1,28;$	$P_3/P_0 = 0,48;$	$P_{Ю-3}/P_0 = 0,48.$	

Использованная литература:

Зиновьев, Г. Г. Общая экология: Учебное методическое пособие / Г. Г. Зиновьев, Г. В. Смирнов — Томск: ТУСУР, 2012. — 250 с. — [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1794> (дата обращения: 11.06.2018).