

3. Порядок организации разработки и утверждения ПДК и ОБУВ загрязняющих веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов (утв. Роскомрыболовства 14.08.1995 № 12-04-11/454, зарегистрировано в Минюсте РФ 06.12.1995 № 987). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8565/ (дата обращения 27.02.2019).

4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 30.04.2003 № 78 (ред. от 13.07.2017) «О введении в действие ГН 2.1.5.1315-03» (вместе с «ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 27.04.2003, зарегистрировано в Минюсте России 19.05.2003 № 4550. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_43149/ (дата обращения 27.02.2019).

5. Постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 149 «О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий» (вместе с «Положением о разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды»). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_318449/ (дата обращения 27.02.2019).

УДК 502; 574

А.Б. Булгаков, В.Н. Аверьянов, А.Р. Бидюк

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В РАЙОНЕ КАМПУСА АмГУ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ШУМОВУЮ ОБСТАНОВКУ НА ТЕРРИТОРИИ И В УЧЕБНЫХ КОРПУСАХ УНИВЕРСИТЕТА

Работа посвящена исследованию шума транспортных потоков в районе кампуса Амурского государственного университета, моделированию распространения этого шума на территории кампуса и его проникновения в учебные аудитории в компьютерной программе «Эколог-шум», оценке соответствия шума на территории и в учебных аудиториях допустимым уровням, разработке рекомендаций по его снижению.

Ключевые слова: шум транспортных потоков, характеристики шума транспортных потоков, измерение шума, допустимые уровни звука, компьютерная программа «Эколог-шум», рекомендации по снижению шума.

STUDY OF NOISE OF TRANSPORT FLOWS IN THE CAMPUS AREA OF AMUR STATE UNIVERSITY AND HIS EFFECTS ON NOISE ENVIRONMENT IN THE TERRITORY AND AT UNIVERSITY EDUCATIONAL CASES

Work is sanctified to research of noise of transport streams in the district of campus of the Amur state university, to the design of distribution of this noise on territory of campus and his penetration in educational audiences in the computer program «Environmentalist-noise», to the estimation of accordance of noise to the possible levels on territory and in educational audiences, development of recommendations on the decline of noise.

Key words: noise of transport streams, description of noise of transport streams, measuring of noise, possible sound-levels, computer program «Environmentalist-noise», recommendations on the decline of noise.

Введение

В современных городских условиях шум является весомым фактором загрязнения окружающей среды. Он оказывает негативное воздействие на природную среду, создавая дискомфорт для проживания и деятельности человека, и причиняет вред его здоровью.

Особенно негативно шум влияет на умственную деятельность, в первую очередь на высшие психические функции – такие, как восприятие, память, мышление, воображение.

В настоящее время получены научно обоснованные доказательства, что длительное шумовое воздействие ведет к нарушениям слуха, зрения, расстройствам нервной системы, повышенной утомляемости, снижению работоспособности и оказывает губительное влияние на организм человека в целом.

В условиях городской транспортной сети большое количество автомобильного транспорта на дорогах и крупных магистралях становится основным источником шумового загрязнения, дающим наибольший (до 80%) вклад в шумовой режим города [1].

Несмотря на экономический кризис, количество автомобилей в г. Благовещенске растет с каждым годом. Так, с 2013 г. по 2018 г. количество автомобилей в городе возросло в 1,75 раза (в 2013 г. на 1000 жителей приходилось 303 автомобиля, а в 2018 г. – 530).

Особенно неблагоприятная акустическая обстановка складывается вдоль тех магистралей, где жилая застройка почти вплотную примыкает к проезжей части.

Цель исследования

Цель данной работы – исследование шума транспортных потоков в районе кампуса Амурского государственного университета и его влияние на шумовую обстановку на территории и в учебных корпусах университета.

Общая характеристика шума транспортных потоков

В современном автомобиле выделяют ряд источников шума, основными из которых являются двигатель, впускное и выпускное устройства, вентилятор системы охлаждения, шины и элементы трансмиссии.

На уровень шума транспортных потоков влияет несколько факторов: *интенсивность транспортного потока* (ед./час); *его скорость*; *состав* (грузовой транспорт создает большее шумовое воздействие по сравнению с пассажирским); *тип двигателя* (электродвигатель, карбюраторный двигатель, дизель, паровой, газотурбинный двигатели); *техническое состояние транспортного средства* (степень износа, состояние глушителей выпуска отработавших газов, качество регулировки систем двигателя и др.); *тип и качество дорожного покрытия* (наименьший шум создает асфальтобетонное покрытие, затем по возрастающей – брусчатое, каменное и гравийное; неисправное дорожное покрытие любого типа, имеющее выбоины, раскрытые швы и нестыковки поверхностей, создает повышенный шум); *планировочные решения территорий* (извилистость улиц, наличие разноуровневых транспортных развязок и светофоров влияют на характер работы двигателей, а следовательно, и на создаваемый шум). Высота и плотность застройки определяют дальность распространения шума от магистралей. Так, ширина зон акустического дискомфорта вдоль магистралей в дневные часы может достигать 700-1000 м в зависимости от типа прилегающей застройки; *наличие зеленых насаждений* (вдоль магистралей с обеих сторон предусматриваются санитарно-защитные зоны, в которых высаживают деревья; лесопосадки препятствуют распространению шума на близлежащие территории).

Транспортные потоки относят к линейным источникам шума. Шум, создаваемый автотранспортом, по временным характеристикам относится к непостоянному шуму. Основными шумовыми характеристиками транспортных потоков по ГОСТ 20444-2014 являются эквивалентный L_{Aeq} и максимальный L_{Amax} уровни звука (дБА) в дневное (от 7.00 до 23.00 час.) и ночное (от 23.00 до 7.00 час.)

время. Дополнительными шумовыми характеристиками транспортных потоков, определяемыми в необходимых случаях, являются эквивалентные уровни звукового давления $L_{\text{эоэкт}}$ (дБ), в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в диапазоне от 31,5 до 8000 Гц.

Шумовые характеристики транспортных потоков – основные исходные данные для выполнения по действующим нормативно-техническим документам акустических расчетов при оценке шумового режима в помещениях жилых и общественных зданий и на территориях жилой застройки, прилегающих к улично-дорожной сети городов и других населенных пунктов, к автомобильным и железным дорогам, а также к открытым линиям метрополитена.

В табл. 1 приведены предельно допустимые уровни (ПДУ) шумового загрязнения от автомобильного транспорта в зависимости от категории автомобиля [2].

Таблица 1

**ПДУ шумового загрязнения от автомобильного транспорта
в зависимости от категории автомобиля**

Тип автомобиля	Уровень звука, дБА	Характеристика автомобиля
Автомобили легковые категории M_1 , грузопассажирские и грузовые категории N_1	96	M_1 (легковые автомобили, не более 8 мест для сидения); N_1 – с массой не более 3,5 т
Автобусы категории M_2 , автомобили грузовые категории N_2	98	$M_2 \leq 5$ (более 8 мест для сидения); N_2 – с массой более 3,5 т, но не более 12 т
Автобусы категории M_3 , автомобили грузовые категории N_3	100	$M_3 > 5$ (более 8 мест для сидения); N_3 – с массой более 12 т

Характеристика состояния автомобильных дорог

Благовещенск является областным центром Амурской области. По транспортным магистралям города осуществляется интенсивное автомобильное движение, бесперебойность которого во многом зависит от состояния автомобильных дорог и искусственных сооружений.

Согласно [3], протяженность автомобильных дорог местного значения г. Благовещенска по состоянию на 1 января 2017 г. составляет 403,58 км, из них 235,3 км – это дороги с асфальтобетонным покрытием, что составляет 58,3% общей протяженности; протяженность дорог с гравийным покрытием – 168,28 км, или 41,7% общей протяженности.

В качестве объекта исследования шума транспортных потоков был выбран микрорайон № 3 г. Благовещенска – улицы Студенческая, Институтская и Игнатьевское шоссе, которые обрамляют территорию кампуса университета. Эти улицы характеризуются большим потоком машин, так как являются связующими дорогами микрорайона с центром. Что оказывает значительное акустическое воздействие на прилегающую селитебную территорию. Ширина проезжей части улиц составляет 10 м, число полос движения в обоих направлениях – 4. Тип покрытия проезжей части – асфальтобетон. Состояние автомобильных дорог удовлетворительное, хотя имеется большое количество трещин, просадок, влекщих за собой увеличение шума, создаваемого движением автомобилей.

**Характеристика путей распространения автотранспортного шума
по территории кампуса**

На территории кампуса университета расположены 1, 5, 6, 7, 8 учебные корпуса и общежития № 1, 2 и 3.

Шум на его территории создается транспортными потоками по улицам Студенческая, Институтская и Игнатьевское шоссе.

Со стороны Игнатьевского шоссе и Студенческой на территории университета имеются зеленые насаждения, способствующие затуханию шума транспортных потоков. На территории университета произрастают тополь, береза, черемуха, сирень, ель, сосна, лиственница и другие породы деревьев и кустарников.

В табл. 2 представлено снижение уровня звука за счет полос зеленых насаждений в зависимости от типа посадки и ширины полосы.

Таблица 2

Снижение уровня звука за счет полос зеленых насаждений [4]

Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы, м	Снижение уровня звука ΔL_{Aeq} , дБА
Однорядная, при шахматной посадке деревьев	10-15	4-5
	16-20	5-8
Двухрядная, при расстояниях между рядами 3-5 м (ряды аналогичны однорядной посадке)	21-25	8-10
Двух- или трехрядная, при расстояниях между рядами 3 м (ряды аналогичны однорядной посадке)	26-30	10-12

Вдоль Игнатьевского шоссе в первом ряду высажен тополь, за ним 9 рядов березы, местами чередующейся с хвойными деревьями, черемухой и различными кустарниковыми породами (общая ширина посадок 40 м). Начиная с 8-го корпуса по 6-й с внутренней части территории полоса засажена кустами сирени. При въезде в АмГУ вдоль проезда имеется два ряда высоких пушистых елей и чуть в стороне от въезда рядом с территорией для отдыха высажены ель и лиственница. Вблизи главного корпуса ряд сосен, небольшой угол с высокими елями, а оставшаяся часть засажена кустарниковыми деревьями высотой 2-4 м.

На рис. 1 представлена карта территории кампуса университета с указанием расположения учебных корпусов, общежитий и зеленых насаждений.



Рис. 1. Территория кампуса университета с указанием расположения учебных корпусов, общежитий и зеленых насаждений.

Большую роль в распространении шума играют постройки, находящиеся на противоположной от территории кампуса стороне проезжих частей. Частично они поглощают и отражают шум транспортных потоков.

Акустические характеристики ограждающих конструкций зданий

К ограждающим конструкциям зданий относят стены, перекрытия, покрытия.

Здания на территории Амурского государственного университета состоят из двух типов конструкций: бетонные, с застекленными оконными переплетами (1, 5, 6, 7, 8 учебные корпуса); кирпичные, с застекленными оконными переплетами (6 учебный корпус).

Акустические характеристики ограждающих конструкций: звукопоглощение; звукоизоляция воздушного шума.

У различных материалов разные коэффициенты звукопоглощения. В табл. 3 представлены коэффициенты звукопоглощения в зависимости от типа материала.

Таблица 3

Коэффициенты звукопоглощения в зависимости от типа материала [5]

Тип материала	Коэффициенты звукопоглощения в октавных полосах, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Переплеты оконные застекленные	0,3	0,3	0,3	0,02	0,15	0,1	0,06	0,04	0,04
Бетон	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Кирпичная кладка	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06

Экспериментальная часть

Измерение шумовых характеристик транспортных потоков выполнялось интегрирующим шумомером 1-го класса точности «Ассистент SU1» в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики». Измерения проводились на участках улиц и автомобильных дорог с чистой и сухой поверхностью проезжей части с 15.05.2018 г. по 17.05.2018 г. На рис. 2 приведена карта местности с расположением точек, в которых производилось измерение шумовых характеристик транспортных потоков на улицах Институтская, Студенческая и Игнатьевское шоссе.



Рис. 2. Расположение измерительных точек.

Во время измерений шумовых характеристик транспортных потоков одновременно измерялись скорость ветра, температура и влажность воздуха, атмосферное давление.

Так как занятия в университете проводятся с 8.15 час. до 22.10 час., то в соответствии с ГОСТ 20444-2014 измерения характеристик транспортных потоков выполнялись в дневной период суток: утром в интервале от 7.00 до 9.00 час.; днем – в интервале от 9.00 до 19.00 час.; вечером – в интервале от 19.00 до 23.00 час.

Для расчета в программе «Эколог-шум» уровня шума на территории кампуса и в аудиториях учебных корпусов, производимого транспортными потоками, необходимо знать скорость и интенсивность движения автотранспортных средств.

Скорость движения транспортных средств в соответствии с рекомендациями ГОСТ 20444-2014 определялась путем фиксирования времени проезда t_i отдельными транспортными средствами i -го участка дороги произвольной длины L , задаваемой измерителем, и последующего расчета по этим данным их скорости движения V_i ($V_i = L/t_i$). Длина трассы определялась лазерным дальномером, а время секундомером.

Для определения скорости движений автомобилей были выбраны следующие участки: от пересечения улиц Василенко и Игнатьевское шоссе до пешеходного перехода около въезда на территорию АмГУ длиной L , равной 390 м; от пересечения улиц Студенческая и Институтская до пешеходного перехода около школы № 16 длиной L , равной 470 м; от пересечения улиц Студенческая и Институтская до начала забора АмГУ по улице Студенческая длиной L , равной 180 м. Для точности измерений время проезда участка длиной L было измерено у трех разных автомобилей каждого типа. Скорости движения автотранспорта приведены в табл. 4.

Таблица 4

Скорости движения автотранспорта по обследуемым улицам

Улицы	Средняя скорость движения автотранспортного средства V_i , км/ч	
	Легковые автомобили	Грузовые автомобили и автобусы
Игнатьевское шоссе	61,9	53,4
Студенческая	54,6	56,3
Институтская	66,2	50,0

В табл. 5 приведены результаты наблюдений за интенсивностью транспортных потоков по видам автотранспорта за временной интервал наблюдения 10 мин., а в табл. 6 – результаты измерений эквивалентных и максимальных уровней шума транспортных потоков в измерительных точках 1, 2, 3 (рис. 2).

Таблица 5

Интенсивность автотранспортных потоков

Улицы	Время суток, дата	Временной интервал	Кол-во автотранспортных средств по видам в потоке за временной интервал наблюдения $T=10$ мин.		
			Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы
Игнатьевское шоссе	Утро, 15.05.2018	8.10 – 8.20	262	39	2
		8.25 – 8.35	243	22	5
		8.40 – 8.50	250	27	1
	День, 15.05.2018	17.05 – 17.15	212	19	5
		17.15 – 17.35	242	27	6
		17.36 – 17.46	250	22	8
	Вечер, 15.05.2018	19.36 – 19.46	179	12	4
		19.47 – 19.57	213	9	6
		19.57 – 20.07	213	12	9
Студенческая	Утро, 16.05.2018	8.25 – 8.35	238	31	16
		8.36 – 8.46	240	38	12
		8.47 – 8.57	216	31	11
	День, 16.05.2018	17.19 – 17.29	335	20	13
		17.30 – 17.40	290	26	10
		17.41 – 17.51	259	13	9
	Вечер, 16.05.2018	19.00 – 19.10	217	12	12
		19.11 – 19.21	225	12	10
		19.22 – 19.32	193	13	8
Институтская	Утро, 17.05.2018	7.23 – 7.33	128	7	15
		7.34 – 7.44	152	11	20
		7.45 – 7.46	124	6	17
	День, 17.05.2018	17.01 – 17.11	164	4	24
		17.12 – 17.22	160	8	19
		17.23 – 17.33	190	8	20
	Вечер, 17.05.2018	19.07 – 19.17	124	2	17
		19.08 – 19.28	127	0	21
		19.29 – 19.39	125	3	13



Рис. 6. Внешний вид акриловых шумозащитных экранов.

Заключение

1. По результатам исследований установлено, что шумовое загрязнение территории кампуса университета, вызванное шумом транспортных потоков, движущихся по улицам Институтская, Студенческая и Игнатьевское шоссе, не соответствует СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Проникающий шум транспортных потоков в учебные аудитории в теплый период года превышает допустимые нормы.

2. С ростом количества автотранспорта в Благовещенске проблема шумового загрязнения на территории кампуса АмГУ и в учебных корпусах будет усугубляться.

3. Для снижения шума транспортных потоков по улицам Институтская, Студенческая, Игнатьевское шоссе требуется установка шумозащитных экранов. Исходя из требуемого снижения уровня звука (не менее 9 дБА) и акустических характеристик материалов, рекомендуется использовать акриловые шумозащитные экраны.

4. Для изучения динамики шума транспортных потоков и шумового загрязнения территории кампуса университета рекомендуется провести дополнительные исследования через 3-5 лет.

1. Воздействие транспорта на окружающую среду: <http://ru-ecology.info/term/51853/> (Дата обращения 15.01.2018 г.).

2. ТР ТС 018/2011. Технический регламент Таможенного союза. О безопасности колесных транспортных средств.

3. Об утверждении перечня автомобильных дорог общего пользования местного значения города Благовещенска. Постановление администрации города Благовещенска № 1244 от 27.04.2017 г. <http://www.admblag.ru/bank/admpost-1/2017-1/04--3/3293--1244-27042017> (Дата обращения 10.05.2018 г.).

4. Карагодина, И. Л. Борьба с шумом и вибрациями в городах / И.Л. Карагодина, Г.Л. Осипов, И.А. Шишкин. – М.: Медицина, 1979. – 160 с.

5. Коэффициент звукопоглощения различных материалов: http://www.akustik.ua/upload/file/Absorption_Data_calc_rt60.pdf (Дата обращения 17.05.2018 г.).

6. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.013-2011 от 23 декабря 2012 г. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».

Таблица 7

Требуемые снижения ΔL_{Amp} .

№ п/п	Территория	ΔL_{Amp} , дБА
1	1-го корпуса (со стороны Игнатъевского шоссе)	0,3
2	1-го корпуса (со стороны Студенческой)	5,1
3	5-го корпуса	8,8
4	6-го корпуса	4,2
5	7-го корпуса	3,9
6	8-го корпуса	4,5
7	бассейна	8,3
8	общежития №1	7,2
9	общежития № 2	4,7
10	общежития № 3	- 8,5 (снижение шума не требуется)

Расчет транспортного шума, проникающего в помещения учебных корпусов

Расчет проникающего шума производился на основе полученных данных по шуму на территории университета. Расчет был выполнен для аудиторий главного корпуса № 307 и № 322.

Звукоизоляция и звукопоглощение рассчитывались в программе «Эколог-шум» на основе данных о материалах конструкций и габаритных размерах помещений.

Так как уровни шума, проникающего в помещение в разные периоды года, будут неодинаковыми, то расчет произведен как для теплого (открытые окна и форточки), так и для холодного периодов года.

Анализ результатов измерений и расчетов транспортного и проникающего шума

Допустимые значения уровней шума на территориях, примыкающих к жилым зданиям, зданиям общественного назначения в дневной (с 7.00 час. до 23.00 час.) и ночной (с 23.00 час. до 7.00 час.) периоды времени регламентируются санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

При сравнении полученных результатов с предельно допустимыми уровнями шума видно, что во всех точках расчета наблюдается его превышение. Кроме точки, расположенной на территории общежития № 3.

Для учебных аудиторий в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 допустимый эквивалентный уровень звука составляет 40 дБА. Анализ результатов расчета показывает, что в теплый период года (когда открывают окна и форточки) уровни шума превышают допустимые на 2,7 дБА в аудитории № 307 и на 1,2 дБА – в аудитории № 322.

Рекомендации по снижению шума транспортных потоков на территории кампуса университета

В качестве акустических экранов рекомендуется использовать акриловые шумозащитные экраны. Они отличаются невысокой ценой, не ограничивают обзор и выглядят более эстетично в сравнении с другими материалами. Минимальная поверхностная плотность конструкции экрана в зависимости от требуемого снижения уровня звука приведена в табл. 8, а на рис. 6 представлен внешний вид таких экранов.

Таблица 8

Минимальная поверхностная плотность конструкции экрана в зависимости от требуемого снижения уровня звука [6]

Требуемое снижение уровня звука, дБА	5	10	14	16	18	20	22	24
Минимальная поверхностная плотность конструкции экрана, кг/м ²	14,5	17,0	18,0	19,5	22,0	24,5	32,0	39,0

При расчете распространения шума транспортных потоков учитывались скорость движения и интенсивность движения автотранспорта, шумовые характеристики транспортных потоков, объекты на территории кампуса университета и прилегающие к рассматриваемым улицам жилые территории.

Кружочками на топооснове указаны точки расчета, которые расположены на расстоянии 7,5 м от стен зданий (учебные корпуса, общежития) и на высоте 1,5 м от земли.

На рис. 4 и 5 приведены результаты расчета.

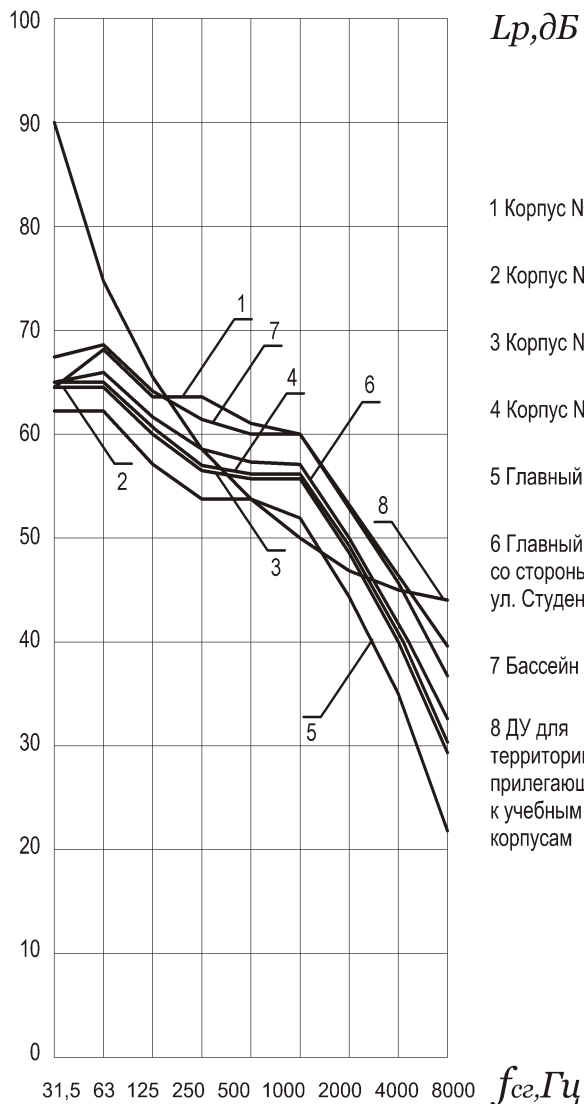


Рис. 4. Спектр уровней звукового давления в расчетных точках (учебные корпуса).

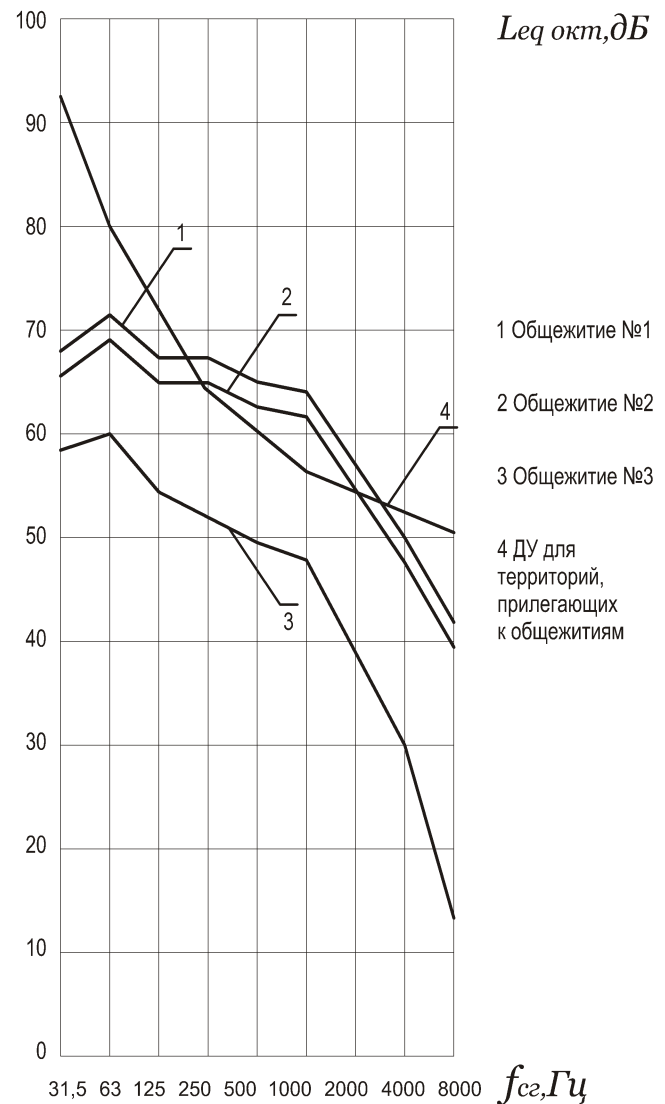


Рис. 5. Спектр уровней звукового давления в расчетных точках (общежития).

В соответствии с СП 51.13330.2011 требуемое снижение уровней звука на рассматриваемой территории рассчитывается по формуле

$$\Delta L_{A_{mp.}} = L_{A_{eq} PAC} - L_{A_{eq} ДУ},$$

где $L_{A_{eq} PAC}$ – эквивалентные уровни звука в расчетных точках, дБА; $L_{A_{eq} ДУ}$ – допустимые эквивалентные уровни звука, дБА.

С учетом того, что допустимые эквивалентные уровни звука для территорий, которые прилегают к учебным корпусам и общежитиям, равны соответственно 55 дБА и 60 дБА, требуемые снижения $\Delta L_{A_{mp.}}$ составят значения, приведенные в табл. 7.

где U_A – неопределенность по типу А, обусловленная методикой измерения и влиянием факторов окружающей среды, дБА (дБ); U_B – неопределенность по типу В, обусловленная инструментальной погрешностью (измерительного прибора, погрешность калибровки и т.п.).

Для полученной серии измерений в данной точке измерения неопределенность по типу А оценивают по формуле

$$U_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n(n-1)}}.$$

Неопределенность по типу В оценивают по формуле

$$U_B = \frac{\Delta L_{инстр.}}{\sqrt{3}}, \text{ дБА (дБ)},$$

где $\Delta L_{инстр.}$ – инструментальная погрешность измерений уровня звука (уровней звукового давления), дБА (дБ), определяется в соответствии с руководством по эксплуатации шумомера. Для шумомера 1-го класса точности «Ассистент SUI» $U_B = 0,7$ дБА (дБ).

В соответствии с ГОСТ 20444-2014 в качестве шумовой характеристики транспортного потока на данном участке измерений следует принимать

$$L_{авт. потока} = \bar{L} + U(95\%), \text{ дБА (дБ)}.$$

С учетом изложенного выше получены следующие шумовые характеристики транспортных потоков:

- 1) по улице Игнатьевское шоссе $L_{авт. потока} = 67,6 + 1,09 = 68,69 \approx 68,7$ дБА;
- 2) по улице Студенческая $L_{авт. потока} = 69,27 + 1,01 = 70,28 \approx 70,3$ дБА;
- 3) по улице Институтская $L_{авт. потока} = 67,00 + 1,17 = 68,17 \approx 68,2$ дБА.

Расчетная часть

Расчет распространения шума от внешних источников выполняется согласно СП 51.13330.2011 «Защита от шума», ГОСТ 31295.2-2005. Для автоматизации расчетов использовался программный комплекс «Эколог-шум» версии 2.0, разработанный ООО «Фирма «Интеграл».

Расчет распространения транспортного шума на территории кампуса

На рис. 3 приведена топооснова для расчета распространения шума транспортных потоков на территории кампуса.



Рис. 3. Топооснова для расчета распространения шума на территории кампуса университета.

Таблица 6

Результаты измерений эквивалентных (L_{Aeq}) и максимальных (L_{Amax}) уровней шума транспортных потоков

Улицы	Время суток, дата	Эквивалентные уровни звукового давления (L_{eqoct}), дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами $f_{ср}$, Гц									Уровни звука, дБА	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	L_{Aeq}	L_{Amax}
Игнатьевское шоссе	Утро, 15.05.2018	68,5	72,5	67,9	67,5	64,8	64,2	57,8	52,3	45,0	67,6	78,5
		69,0	73,0	68,7	67,8	68,8	65,4	59,2	53,7	46,7	69,5	87,2
		68,5	72,2	67,3	68,8	65,9	65,0	59,0	53,5	46,6	68,6	80,5
	День, 15.05.2018	68,6	72,0	67,5	66,9	64,3	64,5	58,4	50,8	45,8	67,6	77,4
		68,5	71,5	67,0	67,2	64,7	64,5	58,0	50,6	42,8	67,7	78,8
		68,3	76,6	67,5	66,6	63,7	63,5	56,8	51,0	43,0	66,8	75,9
	Вечер, 15.05.2018	65,8	69,6	68,0	65,9	63,6	63,3	56,3	49,6	41,2	66,5	74,8
		67,0	68,9	64,5	65,2	62,9	62,8	55,9	49,0	40,1	65,8	74,3
		67,9	69,5	67,3	67,5	65,0	64,0	57,3	51,3	44,1	67,5	81,9
Студенческая	Утро, 16.05.2018	74,2	76,2	71,2	69,0	67,7	67,0	62,6	56,6	52,8	70,8	82,8
		72,9	77,2	71,0	67,6	66,4	66,2	62,0	57,1	53,1	70,0	79,6
		73,9	75,2	69,9	67,0	67,2	66,1	61,0	58,1	54,7	70,0	83,4
	День, 16.05.2018	73,1	73,4	71,2	68,1	66,0	66,1	60,2	53,5	47,1	69,3	80,8
		74,1	73,6	69,5	67,3	64,8	65,4	59,3	53,7	48,4	68,5	80,4
		73,7	74,0	69,3	66,2	65,3	65,5	58,9	52,9	51,6	68,5	78,4
	Вечер, 16.05.2018	71,4	71,9	67,7	65,1	64,2	65,5	60,1	51,7	45,1	68,3	79,8
		71,6	72,8	68,8	66,3	65,1	65,0	58,9	54,6	48,9	68,2	81,0
		70,3	72,4	70,0	66,6	65,2	65,6	61,1	53,4	48,0	69,0	85,0
Институтская	Утро, 17.05.2018	69,5	70,7	64,7	63,2	63,6	64,3	59,7	52,3	46,0	67,4	76,0
		69,4	70,5	66,9	63,5	64,2	64,9	59,1	51,9	43,2	67,6	77,7
		69,4	71,5	67,5	65,2	64,9	64,9	59,1	52,5	45,5	67,9	78,1
	День, 17.05.2018	72,3	70,9	67,2	64,1	63,8	64,6	59,2	52,0	44,5	67,5	77,2
		72,8	72,1	68,9	65,2	65,0	64,6	59,3	52,4	44,2	67,9	78,5
		74,8	73,8	69,2	65,3	64,4	64,9	59,9	54,2	45,6	68,1	76,8
	Вечер, 17.05.2018	70,4	70,2	66,2	62,2	62,1	62,3	57,1	50,1	41,2	65,4	74,0
		69,3	69,0	64,9	62,9	62,9	62,8	56,8	50,2	41,4	65,7	79,6
		69,9	69,4	65,2	61,6	60,9	61,7	55,8	48,7	39,9	64,6	74,9

Обработка результатов измерений

За результат измерения исследуемых параметров принимаем среднее арифметическое из ряда наблюдаемого параметра (скорость движения автотранспортного средства, интенсивность движения по видам транспорта, шумовые характеристики транспортных потоков).

Так как разность между измеренным уровнем шума от транспортного потока и уровнем фонового шума в нашем случае существенно превышала 10 дБ (дБА), то в соответствии с ГОСТ 20444-2014 коррекция на влияние фонового шума $K_1 = 0$ дБ (дБА), а в дальнейшем в расчетах используем результаты измерения, приведенные в табл. 6.

По результатам нескольких аналогичных измерений уровней звука (уровней звукового давления), выполненных в одной и той же точке измерения одним и тем же прибором и по одной и той же методике, вычисляли среднее значение \bar{L} измеренных уровней звука (уровней звукового давления) по формуле

$$L = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right) - 10 \lg(n),$$

где L_i – значение измеренного и откорректированного уровня звука (уровня звукового давления), полученное для i -го измерения в данной точке измерения, дБА (дБ); $i = 1, 2, 3, \dots, n$ (n – общее количество измерений в данной точке).

Расчет расширенной неопределенности измерений шумовых характеристик транспортных потоков

Расширенную неопределенность измерения шумовых характеристик транспортных потоков $U(95\%)$ для уровня доверия 95% согласно ГОСТ 20444-2014 рассчитывают по формуле

$$U(95\%) = 2\sqrt{U_A^2 + U_B^2}, \text{ дБА (дБ)},$$