



АО «Современные программные технологии»

Fenix+ 3

(3.1.0)

Эвакуация людей.
Валидация и верификация. Часть 1.

2021 г.

Содержание

Содержание.....	2
Предупреждение	5
Назначение программы	6
Валидация и верификация.....	7
Основные элементы программы Fenix+ 3, используемые в тестах.	8
Тесты	9
1. Скорость движения потока людей по путям различного типа.	10
1.1. Движение по горизонтальному пути	12
Test_001 Контингент "М1"	13
Test_002 Контингент "М2"	15
Test_003 Контингент "М3"	17
Test_004 Контингент "М4"	19
Test_005 Контингент "Беременные женщины"	21
Test_006 Контингент "Взрослый человек в весенне-осенней одежде"	23
Test_007 Контингент "Взрослый человек в зимней одежде"	25
Test_008 Контингент "Взрослый человек в летней одежде"	27
Test_009 Контингент "Глухие и слабослышащие люди"	29
Test_010 Контингент "Дети дошкольного возраста"	31
Test_011 Контингент "Дети с ограниченными возможностями"	33
Test_012 Контингент "Люди в стационарах больниц"	35
Test_013 Контингент "Престарелые люди"	37
Test_014 Контингент "Слепые и слабовидящие люди"	39
Анализ результатов	41
1.2. Движение по лестнице вниз	42
Test_015 Контингент "М1"	43
Test_016 Контингент "М2"	45
Test_017 Контингент "М3"	47
Test_018 Контингент "Беременные женщины"	49
Test_019 Контингент "Взрослый человек в весенне-осенней одежде"	51
Test_020 Контингент "Взрослый человек в зимней одежде"	53
Test_021 Контингент "Взрослый человек в летней одежде"	55
Test_022 Контингент "Глухие и слабослышащие люди"	57
Test_023 Контингент "Дети дошкольного возраста"	59
Test_024 Контингент "Дети с ограниченными возможностями"	61
Test_025 Контингент "Люди в стационарах больниц"	63
Test_026 Контингент "Престарелые люди"	65
Test_027 Контингент "Слепые и слабовидящие люди"	67
Анализ результатов	69

1.3. Движение по лестнице вверх	70
Test_028 Контингент "М1"	71
Test_029 Контингент "М2"	73
Test_030 Контингент "М3"	75
Test_031 Контингент "Беременные женщины"	77
Test_032 Контингент "Взрослый человек в весенне-осенней одежде"	79
Test_033 Контингент "Взрослый человек в зимней одежде"	81
Test_034 Контингент "Взрослый человек в летней одежде"	83
Test_035 Контингент "Глухие и слабослышащие люди"	85
Test_036 Контингент "Дети дошкольного возраста"	87
Test_037 Контингент "Дети с ограниченными возможностями"	89
Test_038 Контингент "Люди в стационарах больниц"	91
Test_039 Контингент "Престарелые люди"	93
Test_040 Контингент "Слепые и слабовидящие люди"	95
Анализ результатов	97
1.4. Движение по пандусу вниз	98
Test_041 Контингент "М1"	99
Test_042 Контингент "М2"	101
Test_043 Контингент "М3"	103
Test_044 Контингент "М4"	105
Test_045 Контингент "Беременные женщины"	107
Test_046 Контингент "Взрослый человек в весенне-осенней одежде"	109
Test_047 Контингент "Взрослый человек в зимней одежде"	111
Test_048 Контингент "Взрослый человек в летней одежде"	113
Test_049 Контингент "Глухие и слабослышащие люди"	115
Test_050 Контингент "Дети дошкольного возраста"	117
Test_051 Контингент "Дети с ограниченными возможностями"	119
Test_052 Контингент "Люди в стационарах больниц"	121
Test_053 Контингент "Престарелые люди"	123
Test_054 Контингент "Слепые и слабовидящие люди"	125
Анализ результатов	127
1.5. Движение по пандусу вверх	128
Test_055 Контингент "М1"	129
Test_056 Контингент "М2"	131
Test_057 Контингент "М3"	133
Test_058 Контингент "М4"	135
Test_059 Контингент "Беременные женщины"	137
Test_060 Контингент "Взрослый человек в весенне-осенней одежде"	139
Test_061 Контингент "Взрослый человек в зимней одежде"	141
Test_062 Контингент "Взрослый человек в летней одежде"	143

Test_063 Контингент "Глухие и слабослышащие люди"	145
Test_064 Контингент "Дети дошкольного возраста"	147
Test_065 Контингент "Дети с ограниченными возможностями"	149
Test_066 Контингент "Люди в стационарах больниц"	151
Test_067 Контингент "Престарелые люди"	153
Test_068 Контингент "Слепые и слабовидящие люди"	155
Анализ результатов	157
2. Интенсивность движения в дверном проеме	158
3. Время начала эвакуации	160
4. Обход препятствий	161
5. Пропускная способность дверей	162
Анализ результатов	163
6. Спасение немобильных людей при помощи носилок	164
6.1. Максимальное количество рейсов для переноски с одного этажа	164
Анализ результатов	165
7. Тесты из учебно-методического пособия [5]	166
Список литературы	167

Предупреждение

АО «Современные программные технологии» не дает никаких гарантий, выраженных или подразумеваемых, пользователям программы Fenix+ 3 (далее - **программа**) и не несет никакой ответственности за использование программы.

Пользователи программы несут полную ответственность за определение уместности её применения в каждом конкретном случае и за выводы, сформированные на основе результатов, полученных с её помощью.

Программа предназначена для использования только компетентными в области моделирования эвакуации пользователями. Программа предназначена лишь для дополнения обоснованного мнения квалифицированного пользователя. Все результаты, получаемые с помощью программы, должны оцениваться квалифицированным пользователем.

Назначение программы

Программа **Fenix+ 3** позволяет независимо провести моделирование эвакуации людей и моделирование динамики развития пожара в здании.

Моделирование эвакуации проводится по индивидуально-поточной модели движения людей, реализованной в Fenix+ 3. Модель основана на положениях и зависимостях, приведенных в [1] и [3].

Валидация и верификация

Согласно стандартам ISO серии 9000:

Валидация - подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что требования, предназначенные для конкретного использования или применения, выполнены.

Верификация - подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что установленные требования были выполнены

Применительно к системам, предназначенным для моделирования физических процессов, термин **Валидация**, можно определить следующим образом:

Валидация - подтверждение на основе представления объективных свидетельств того, что результаты моделирования физического процесса соответствуют результатам физического эксперимента.

Настоящий документ содержит набор тестов, предназначенных для подтверждения соответствия процесса эвакуации людей из здания результатам моделирования эвакуации, получаемым с помощью программы Fenix+ 3.

Результаты моделирования эвакуации, полученные с помощью программы Fenix+ 3 сравниваются с математическими зависимостями, представленными в Приложении к Приказу МЧС России № 382 от 30.06.2009 г. «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» (ред. от 02.12.2015 г.) [1].

Так как зависимости, представленные в [1], обобщают результаты наблюдений и натуральных экспериментов по движению и эвакуации людей, то, считаем допустимым, сравнивать результаты моделирования не с конкретными натурными наблюдениями, а с зависимостями, их обобщающими.

Настоящий документ и набор тестов, представленный в нем, будет дополняться и корректироваться при внесении изменений в программу Fenix+ 3, методику определения расчетных величин пожарного риска [1], а также при уточнении самих тестов.

Основные элементы программы Fenix+ 3, используемые в тестах.

Регистратор – элемент, предназначенный для сбора информации о количестве и времени прохождения людей. Считается, что человек прошел через регистратор, если его траектория пересеклась с линией регистратора.

Регистратор может быть двух типов: отдельностоящий и регистратор в двери.

Выход – область, в которую движутся люди

Контингент людей – совокупность людей, образующих однородную группу. Контингент характеризуется геометрическими характеристиками и свойствами, определяющими характер движения человека по путям различного типа.

Подробнее с вышеуказанными элементами можно ознакомиться в руководстве пользователя к программе Fenix+ 3 [4].

Тесты

Каждый тест предназначен для проверки одного аспекта процесса эвакуации при определенных условиях.

Пример теста: «*Test_008_001 Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" с плотностью потока 0.01 м²/м² по горизонтальному пути*»).

Несколько тестов могут быть объединены в группу тестов. В одной группе тестов каждый тест отличается только одним параметром.

Пример группы тестов: «*Test_008 Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по горизонтальному пути*». В этой группе изменяющийся параметр – плотность потока.

Каждый тест имеет уникальный идентификатор вида Test_XXX_YYY, где: Test_XXX – идентификатор группы тестов, а YYY – номер теста в группе.

Как правило, все тесты из одной группы выполнены в одном проекте программы Fenix+ 3 в виде отдельных сценариев. При этом название проекта совпадает с идентификатором группы тестов, а название каждого сценария с идентификатором теста.

Все тесты созданы с помощью общедоступных инструментов программы Fenix+ 3 и могут быть самостоятельно воспроизведены пользователями.

Кроме того, все тестовые проекты могут быть загружены с сайта АО «Современные программные технологии» по ссылкам, представленным в описании каждого теста.

Все тестовые проекты для тестов, рассмотренных в этом документе, можно загрузить одним архивом по ссылке: https://mst.su/download/data/v3/fenixplus3_validation_part1_tests.zip

1. Скорость движения потока людей по путям различного типа.

Связь между скоростью движения людей в потоке $V(D)$ и его плотностью D определяется формулой [3]:

$$V(D) = \begin{cases} V_0 & , \text{если } D \leq D_0 \\ V_0 \left(1 - a \ln \frac{D}{D_0}\right) & , \text{если } D > D_0 \end{cases} \quad (1)$$

где:

V_0 – скорость свободного движения (при отсутствии влияния окружающих людей),

D_0 – пороговое значение плотности потока, по достижении которого плотность становится фактором, влияющим на скорость движения,

a – коэффициент, определяющий степень влияния плотности потока.

В таблице 1 показаны значения параметров V_0, D_0 и a в зависимости от контингента людей и вида пути, по которому движется поток людей.

Контингент	Параметр	Горизонтальный путь	Лестница вниз	Лестница вверх	Пандус вниз	Пандус вверх
Взрослый человек в весенне-осенней одежде ($f=0,113 \text{ м}^2$)	$V_0, \text{ м/мин}$	100	100	60	115	80
	$D_0, \text{ чел/м}^2$	0,451	0,788	0,593	1,513	0,947
	a	0,295	0,4	0,305	0,399	0,399
Взрослый человек в летней одежде ($f=0,1 \text{ м}^2$)	$V_0, \text{ м/мин}$	100	100	60	115	80
	$D_0, \text{ чел/м}^2$	0,51	0,89	0,67	1,71	1,07
	a	0,295	0,4	0,305	0,399	0,399
Взрослый человек в зимней одежде ($f=0,125 \text{ м}^2$)	$V_0, \text{ м/мин}$	100	100	60	115	80
	$D_0, \text{ чел/м}^2$	0,408	0,712	0,536	1,368	0,856
	a	0,295	0,4	0,305	0,399	0,399
Слепые и слабовидящие люди ($f=0,1 \text{ м}^2$)	$V_0, \text{ м/мин}$	26	21	18	-	-
	$D_0, \text{ чел/м}^2$	0,73	0,97	0,82	-	-
	a	0,371	0,519	0,387	-	-
Дети с ограниченными возможностями ($f=0,15 \text{ м}^2$)	$V_0, \text{ м/мин}$	51	23	20	-	-
	$D_0, \text{ чел/м}^2$	0,6	0,63	0,69	-	-
	a	0,29	0,21	0,3	-	-
Дети дошкольного возраста ($f=0,03 \text{ м}^2$)	$V_0, \text{ м/мин}$	60	47	47	-	-
	$D_0, \text{ чел/м}^2$	0,78	0,64	0,76	-	-
	a	0,275	0,19	0,275	-	-
Глухие и слабослышащие люди ($f=0,1 \text{ м}^2$)	$V_0, \text{ м/мин}$	82	82	54	-	-
	$D_0, \text{ чел/м}^2$	0,58	0,91	0,72	-	-
	a	0,301	0,38	0,344	-	-
М1	$V_0, \text{ м/мин}$	100	100	60	115	80

(f=0,1 м ²)	D ₀ , чел/м ²	0,51	0,89	0,67	1,71	1,07
	а	0,295	0,4	0,305	0,399	0,399
М2 (f=0,2 м ²)	V ₀ , м/мин	30	30	20	45	25
	D ₀ , чел/м ²	0,675	0,695	0,63	0,855	0,73
	а	0,335	0,346	0,348	0,438	0,384
М3 (f=0,3 м ²)	V ₀ , м/мин	70	20	25	105	55
	D ₀ , чел/м ²	0,34	0,693	0,4	0,407	0,453
	а	0,35	0,454	0,347	0,416	0,446
М4 (f=0,96 м ²)	V ₀ , м/мин	60	-	-	115	40
	D ₀ , чел/м ²	0,141	-	-	0,152	0,156
	а	0,4	-	-	0,424	0,42
Престарелые люди (f=0,2 м ²)	V ₀ , м/мин	25	20	20	25	15
	D ₀ , чел/м ²	0,96	1,26	0,56	0,58	0,72
	а	0,428	0,505	0,338	0,353	0,368
Люди в стационарах больниц (f=0,2 м ²)	V ₀ , м/мин	44	24	14	-	-
	D ₀ , чел/м ²	0,77	0,96	0,75	-	-
	а	0,414	0,422	0,313	-	-
Беременные женщины (f=0,13 м ²)	V ₀ , м/мин	30	20	25	-	-
	D ₀ , чел/м ²	-	-	-	-	-
	а	-	-	-	-	-

Табл. 1.

Видно, что для некоторых контингентов людей отсутствует информация о параметрах движения по некоторым типам пути. Например, для контингента «Беременные женщины» отсутствует информация о движении по пандусам. Но, разумеется, беременные женщины могут передвигаться по пандусам. Поэтому, в случае движения по пути, для которого параметры не известны, программа Fenix+ 3 использует параметры движения того пути, для которого V₀ минимальна. Поэтому, беременные женщины по пандусам (не важно, вверх или вниз) будут идти так же как и по лестнице вниз.

Исключением является контингент «М4» (инвалиды, перемещающиеся на колясках) – они не могут двигаться по лестницам.

1.1. Движение по горизонтальному пути

Описание группы тестов

Сценарий представляет собой коридор шириной 4 м и длиной 50 м, на одном конце которого расположен выход. Посередине коридора расположен регистратор. В коридоре находится такое количество людей, чтобы обеспечить необходимую плотность размещения. Время начала движения всех людей равно нулю.

Время прохождения через регистратор последнего человека рассчитанное с помощью программы Fenix+ 3, сравнивается со временем, определенным по формуле:

$$t(D) = \frac{0,5L}{V(D)} \quad (2)$$

где L - длина коридора, а $V(D)$ - скорость, определяемая по формуле (1).

(В разделе «Анализ результатов» дается пояснение, почему сравнивается именно время прохождения последнего человека через регистратор, а не всего коридора)

Плотность потока определяется по формуле:

$$D = \frac{Nf}{S} \quad (3)$$

где N - количество людей в коридоре, S - площадь коридора, а f - площадь горизонтальной проекции человека.

Были разработаны проекты для каждого контингента людей. Каждый проект состоит из нескольких сценариев (каждый сценарий соответствует определенной плотности потока).

Ожидаемые результаты

Время прохождения последнего человека через регистратор совпадает со временем, рассчитанным по формуле (2).

Результаты моделирования

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_001.fnx](#)

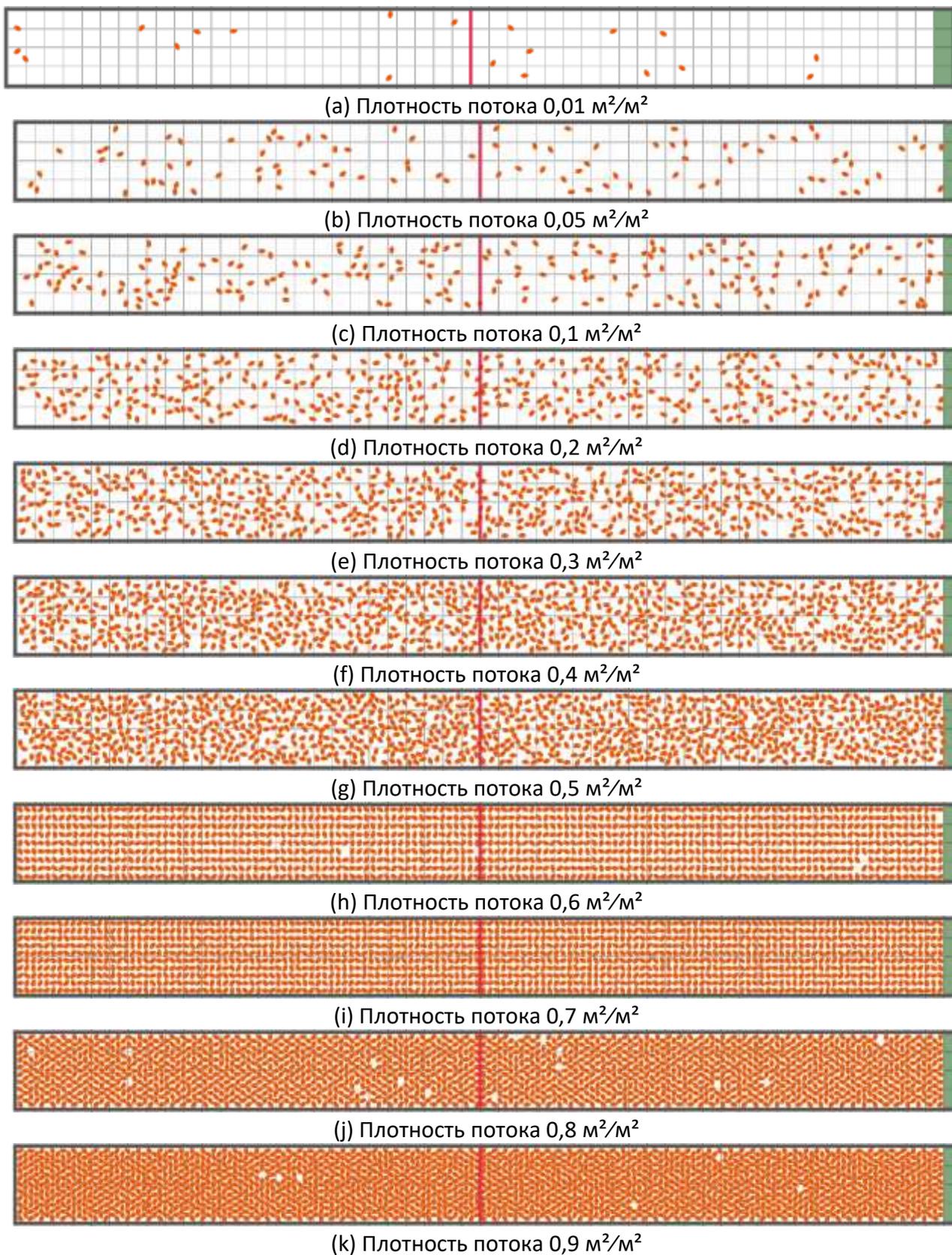


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М1" по горизонтальной поверхности.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	15,4	15	2,7
2	0,05	100	15,6	15	4
3	0,1	200	20	18,7	7
4	0,2	400	27,4	25,1	9,2
5	0,3	600	36,2	31,4	15,3
6	0,4	800	45	38,2	17,8
7	0,5	1000	55,8	45,9	21,6
8	0,6	1200	67,2	55	22,2
9	0,7	1400	78,8	66	19,4
10	0,8	1600	90,6	79,8	13,5
11	0,9	1800	103	97,9	5,2

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М1" по горизонтальной поверхности.

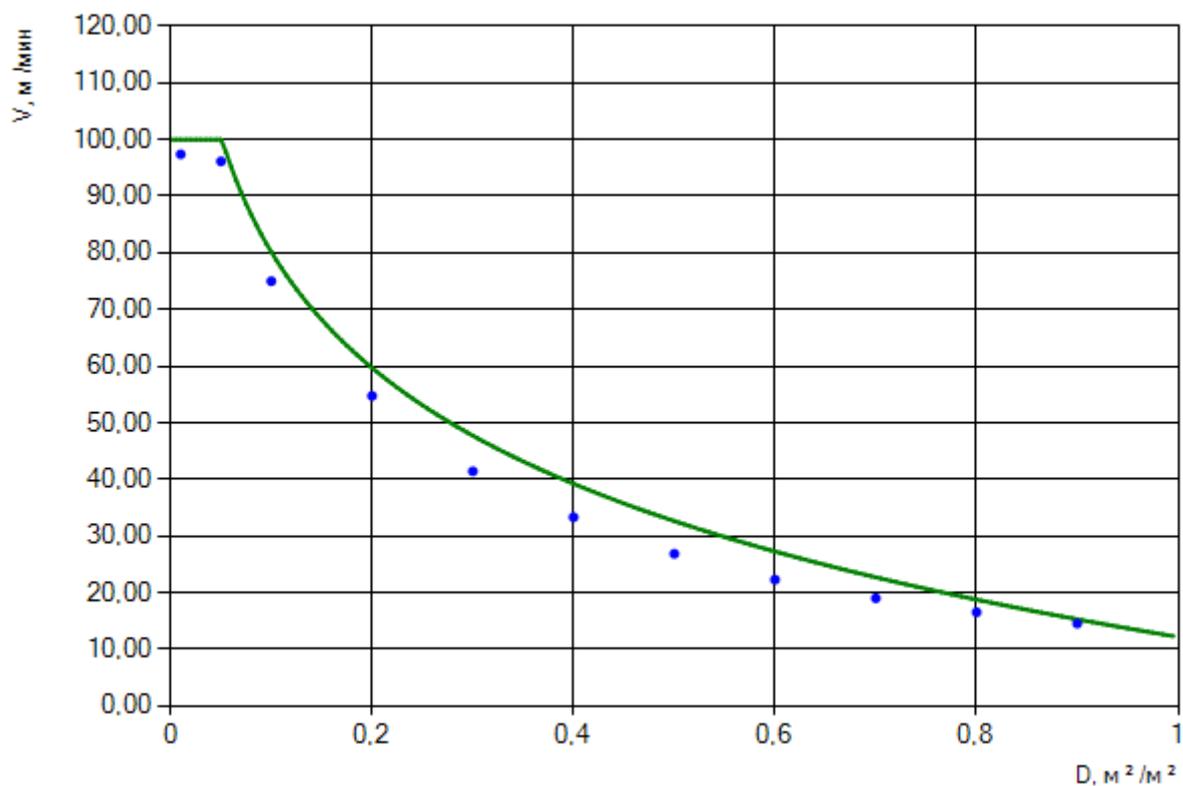


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М1" по горизонтальной поверхности.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_002.fnx](#)

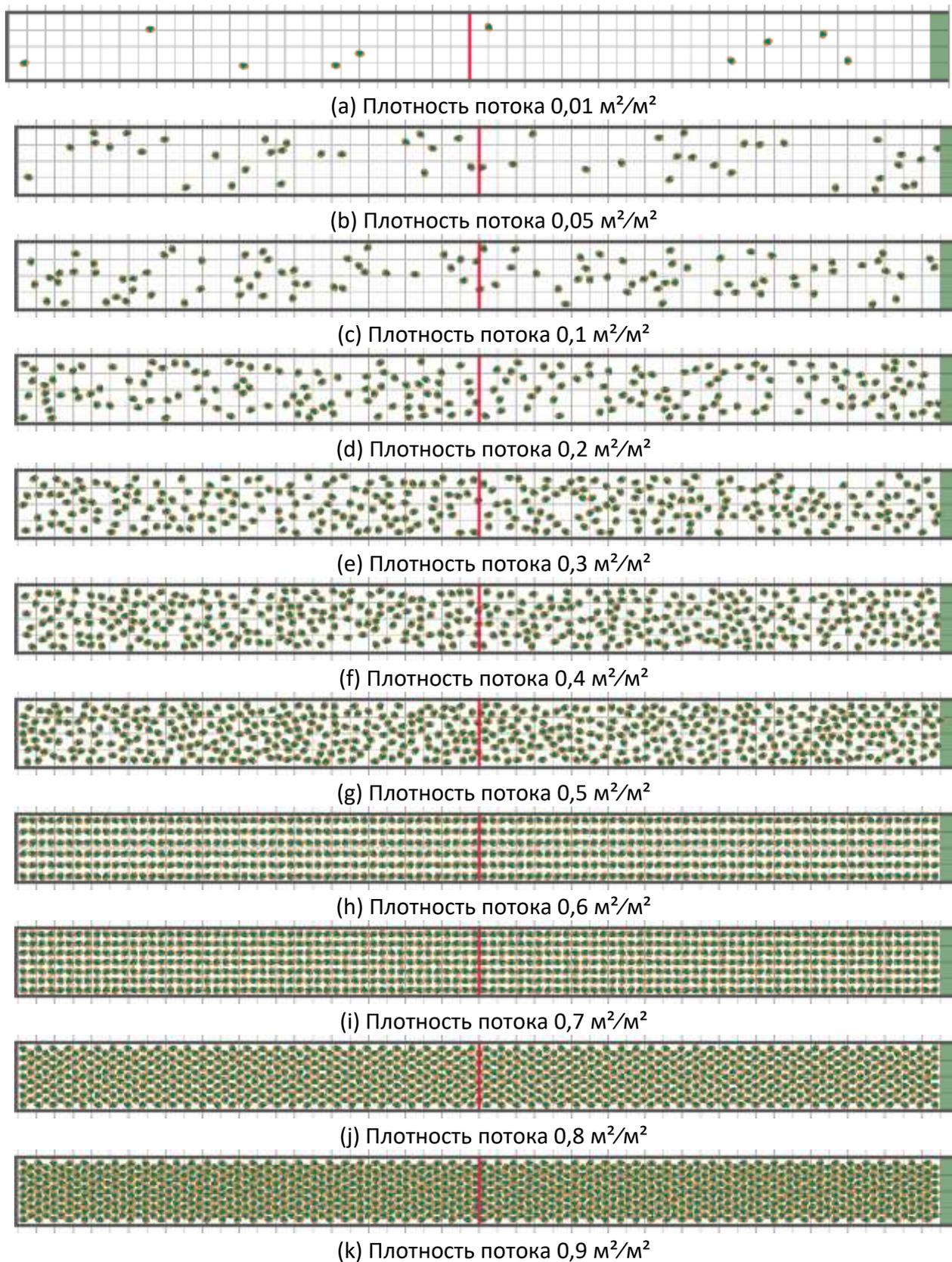


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М2" по горизонтальной поверхности.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	48,4	50	-3,2
2	0,05	50	49	50	-2
3	0,1	100	50,8	50	1,6
4	0,2	200	55,6	57,6	-3,5
5	0,3	300	68,2	68,3	-0,1
6	0,4	400	83,2	78,6	5,9
7	0,5	500	92,6	89,1	3,9
8	0,6	600	105,2	99,9	5,3
9	0,7	700	117,6	111,4	5,6
10	0,8	800	130,6	123,8	5,5
11	0,9	900	156	137,2	13,7

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М2" по горизонтальной поверхности.

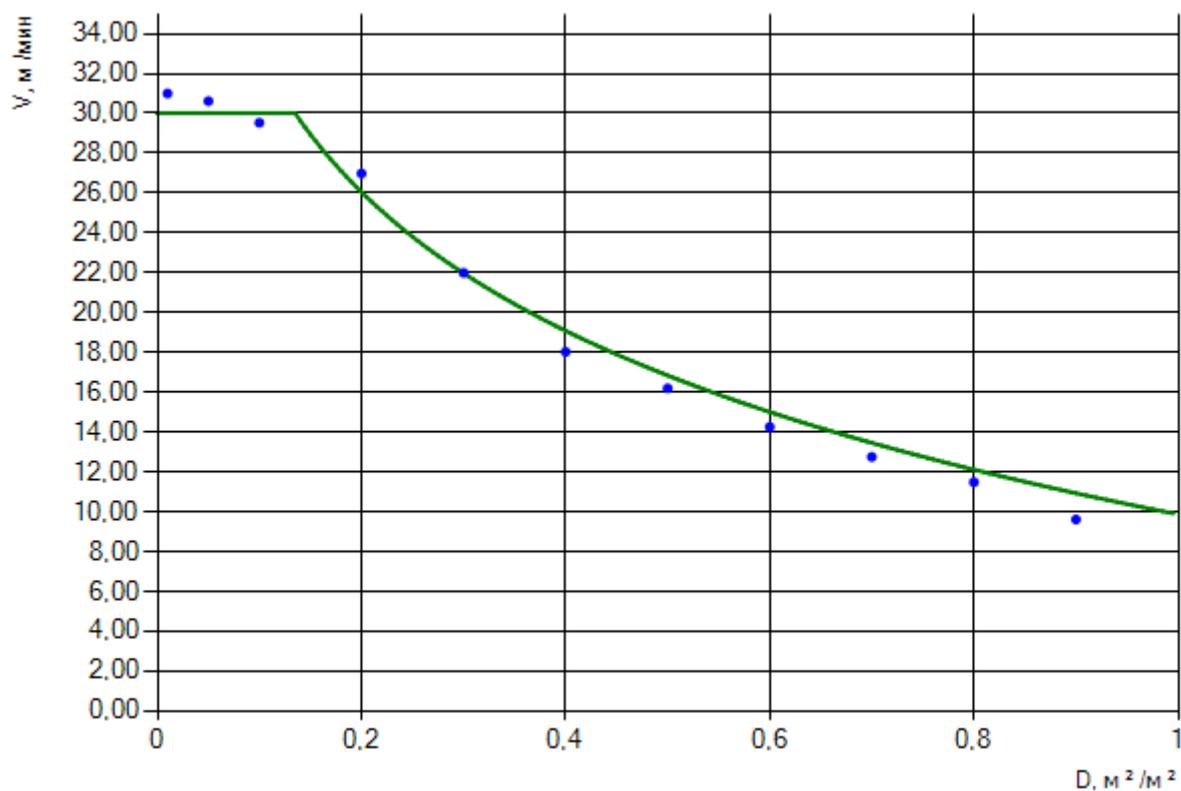


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М2" по горизонтальной поверхности.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_003.fnx](#)

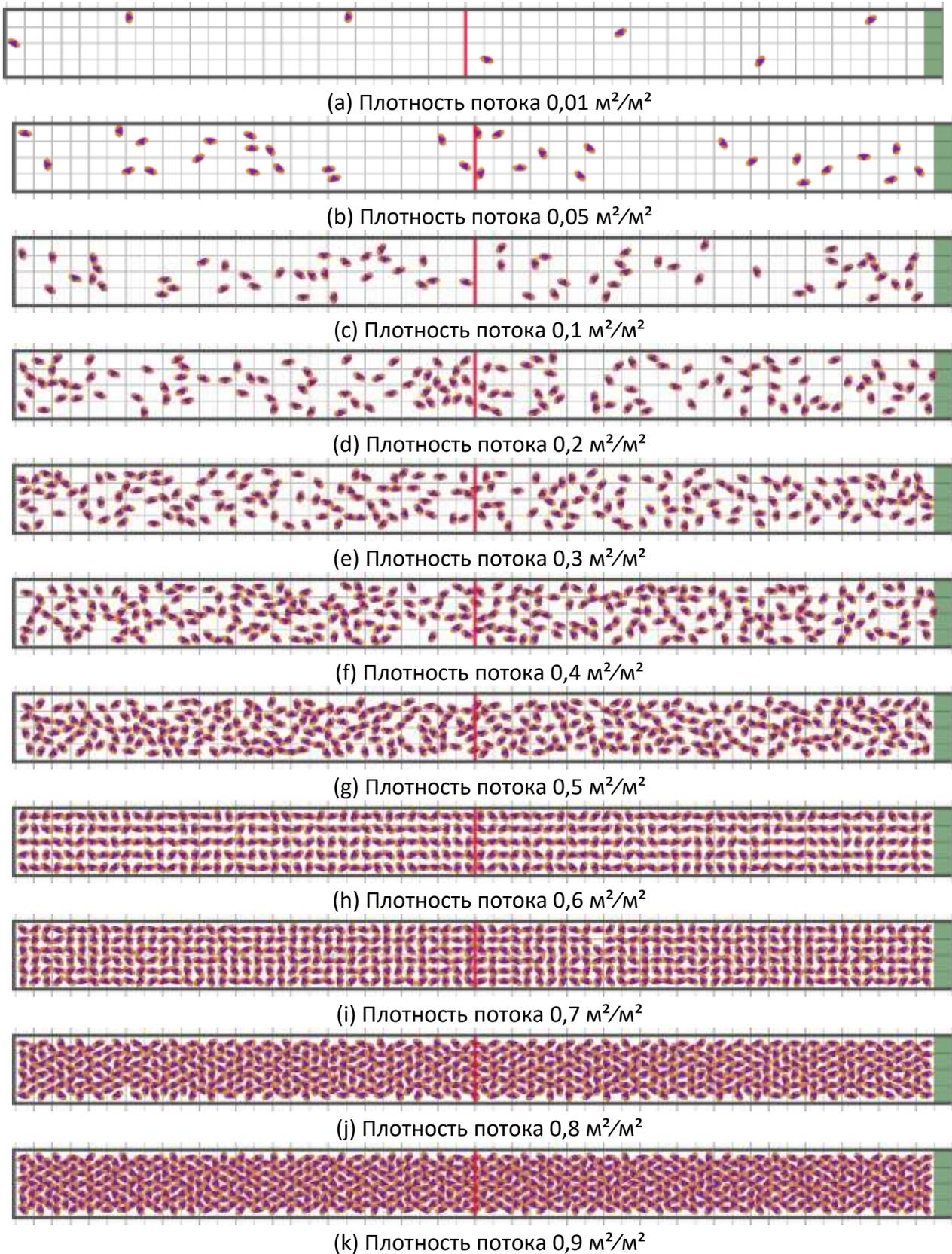


Рис. 1. Движение потока людей контингента "МЗ" по горизонтальной поверхности.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	7	21,2	21,4	-0,9
2	0,05	33	21,2	21,4	-0,9
3	0,1	67	22	21,4	2,8
4	0,2	133	28	28	0
5	0,3	200	37,4	34,4	8,7
6	0,4	267	47	41,1	14,4
7	0,5	333	56,4	48,3	16,8
8	0,6	400	65,4	56,4	16
9	0,7	467	75,6	65,8	14,9
10	0,8	533	84	76,8	9,4
11	0,9	600	91,4	90,1	1,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "МЗ" по горизонтальной поверхности.

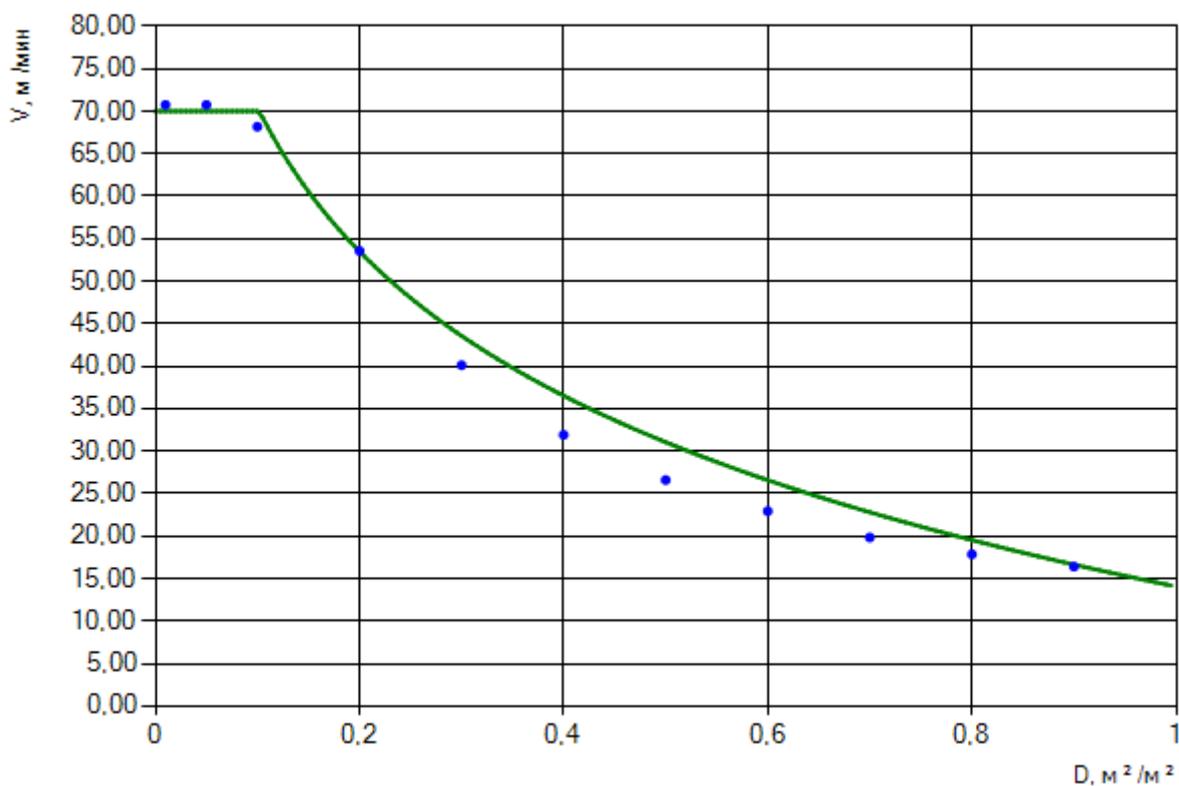


Рис. 2. Движение потока людей контингента "МЗ" по горизонтальной поверхности.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_004.fnx](#)

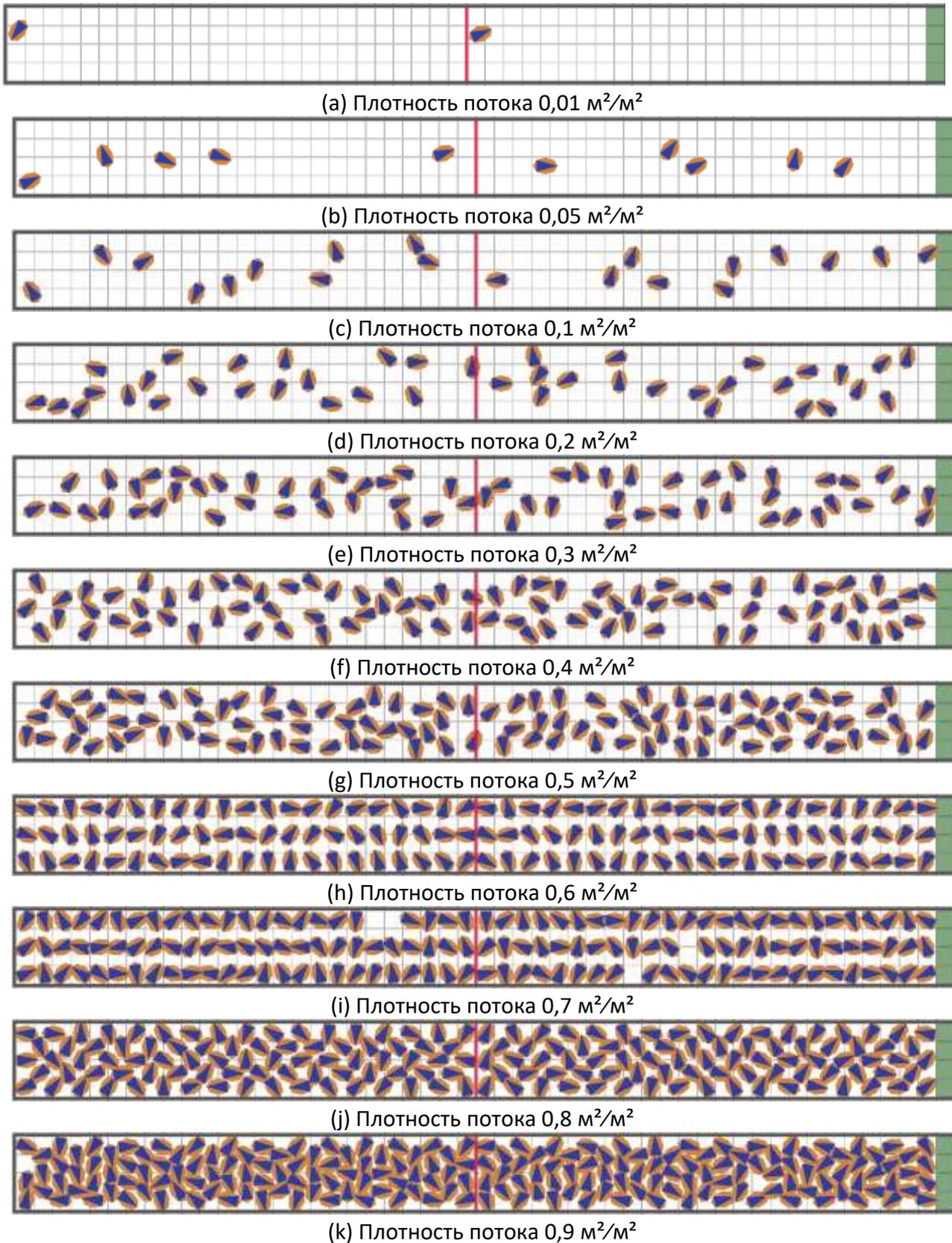


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М4" по горизонтальной поверхности.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	2	24,6	25	-1,6
2	0,05	10	24,6	25	-1,6
3	0,1	21	24,6	25	-1,6
4	0,2	42	27,2	29,6	-8,1
5	0,3	63	37,2	36,7	1,4
6	0,4	83	47,4	44,1	7,5
7	0,5	104	57,4	52,4	9,5
8	0,6	125	71,4	61,8	15,5
9	0,7	146	81,8	72,9	12,2
10	0,8	167	93,8	86,4	8,6
11	0,9	188	103	103,2	-0,2

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М4" по горизонтальной поверхности.

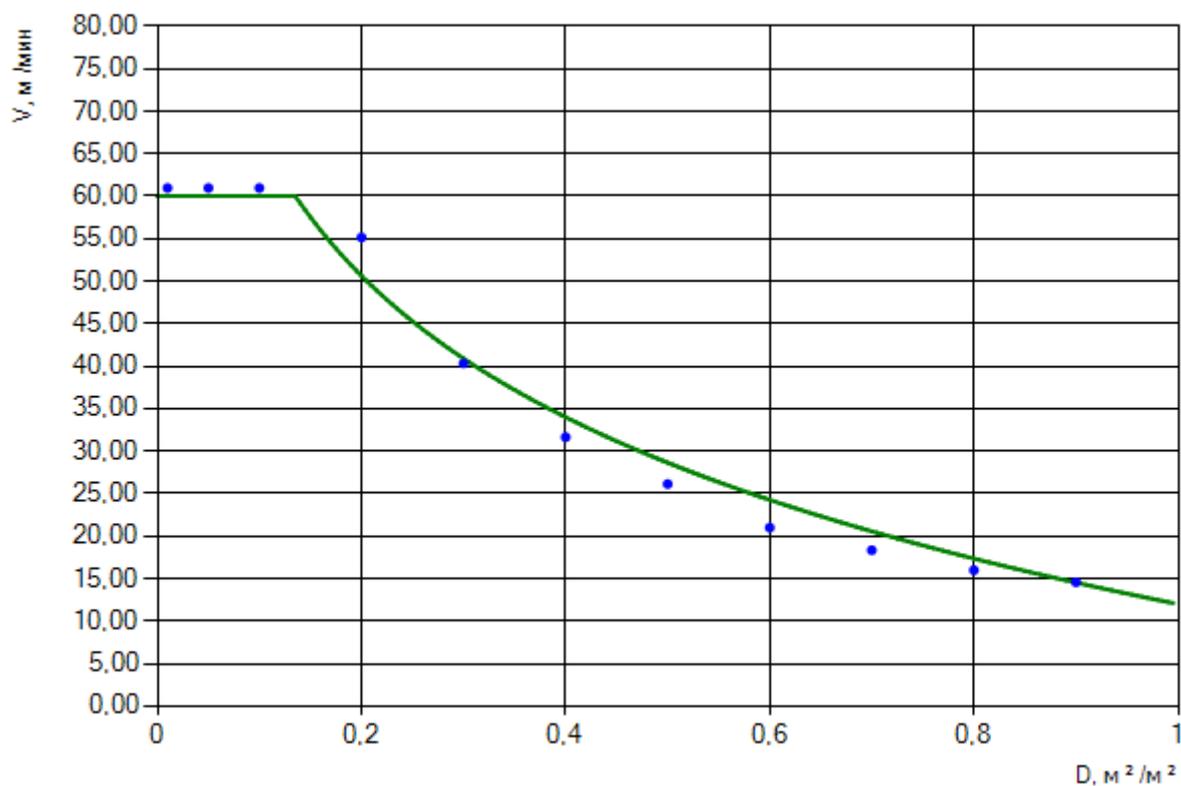


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М4" по горизонтальной поверхности.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_005.fnx](#)

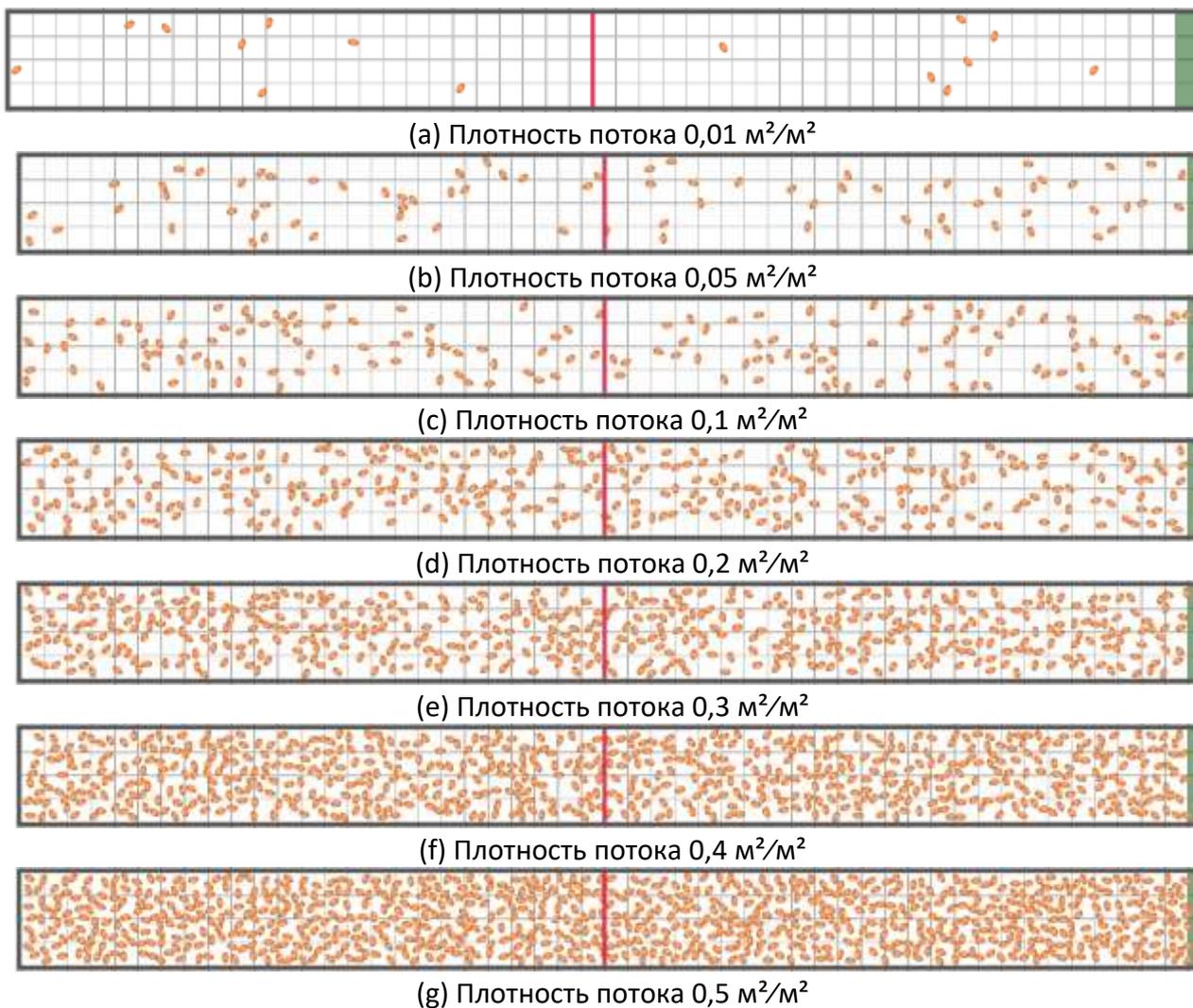


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	15	49,6	50	-0,8
2	0,05	77	49,8	50	-0,4
3	0,1	154	50,2	50	0,4
4	0,2	308	49,8	50	-0,4
5	0,3	462	50,6	50	1,2
6	0,4	615	50,2	50	0,4
7	0,5	769	51	50	2

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по горизонтальному пути.

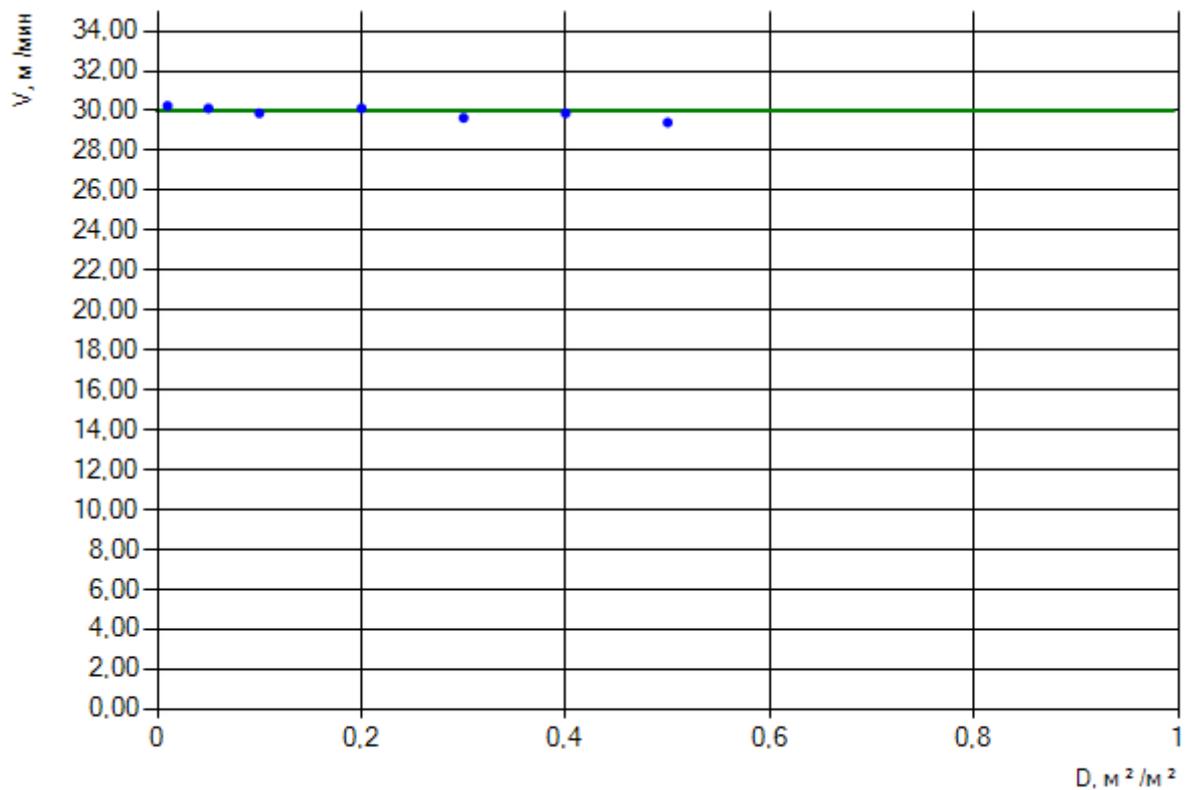


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_006.fnx](#)

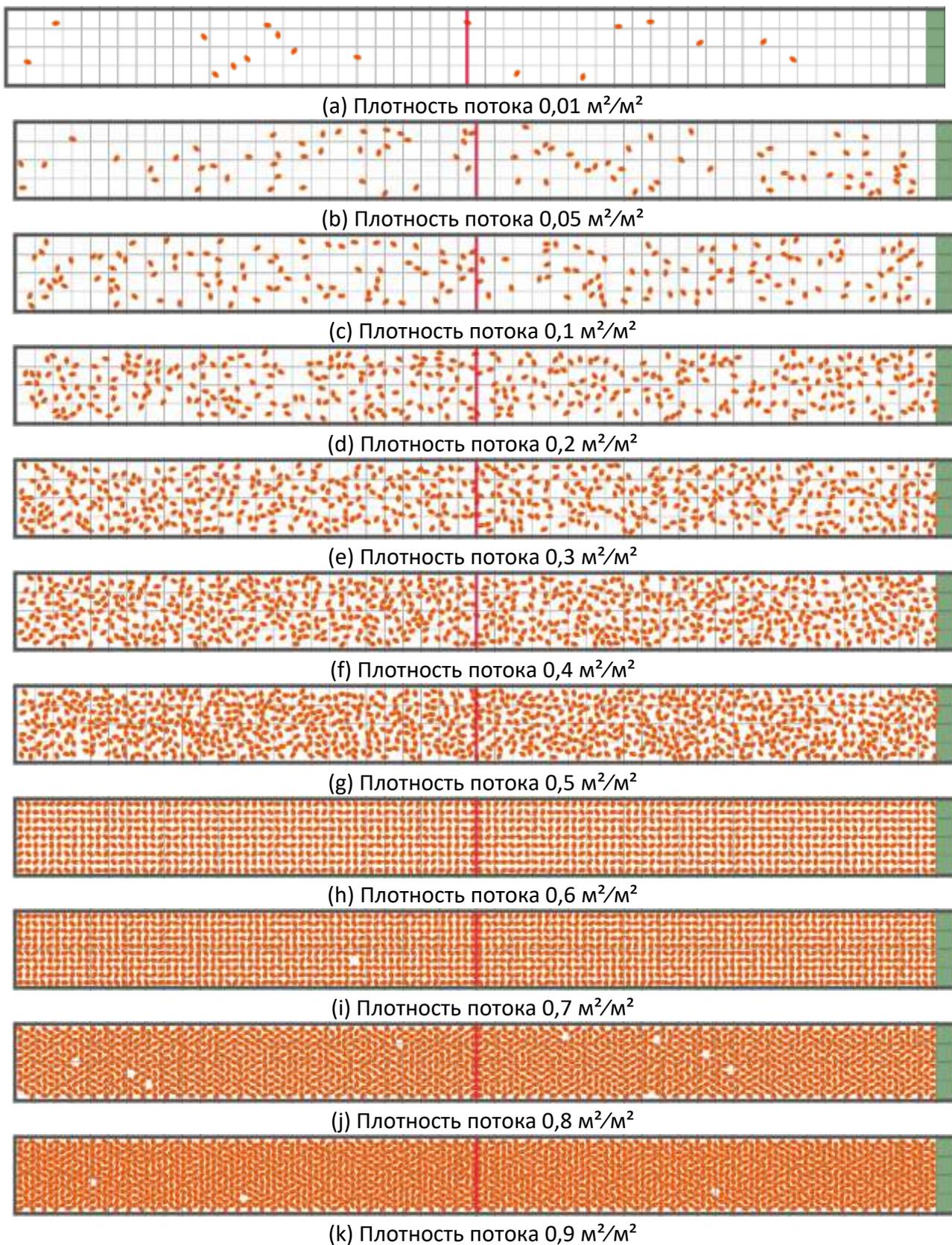


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	18	14,4	15	-4
2	0,05	88	15,6	15	4
3	0,1	177	18,8	18,7	0,5
4	0,2	354	27,2	25,1	8,4
5	0,3	531	37,6	31,4	19,7
6	0,4	708	45,6	38,2	19,4
7	0,5	885	55,6	46	20,9
8	0,6	1062	67,6	55	22,9
9	0,7	1239	79,8	66	20,9
10	0,8	1416	91,2	79,9	14,1
11	0,9	1593	103,6	98,1	5,6

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по горизонтальному пути.

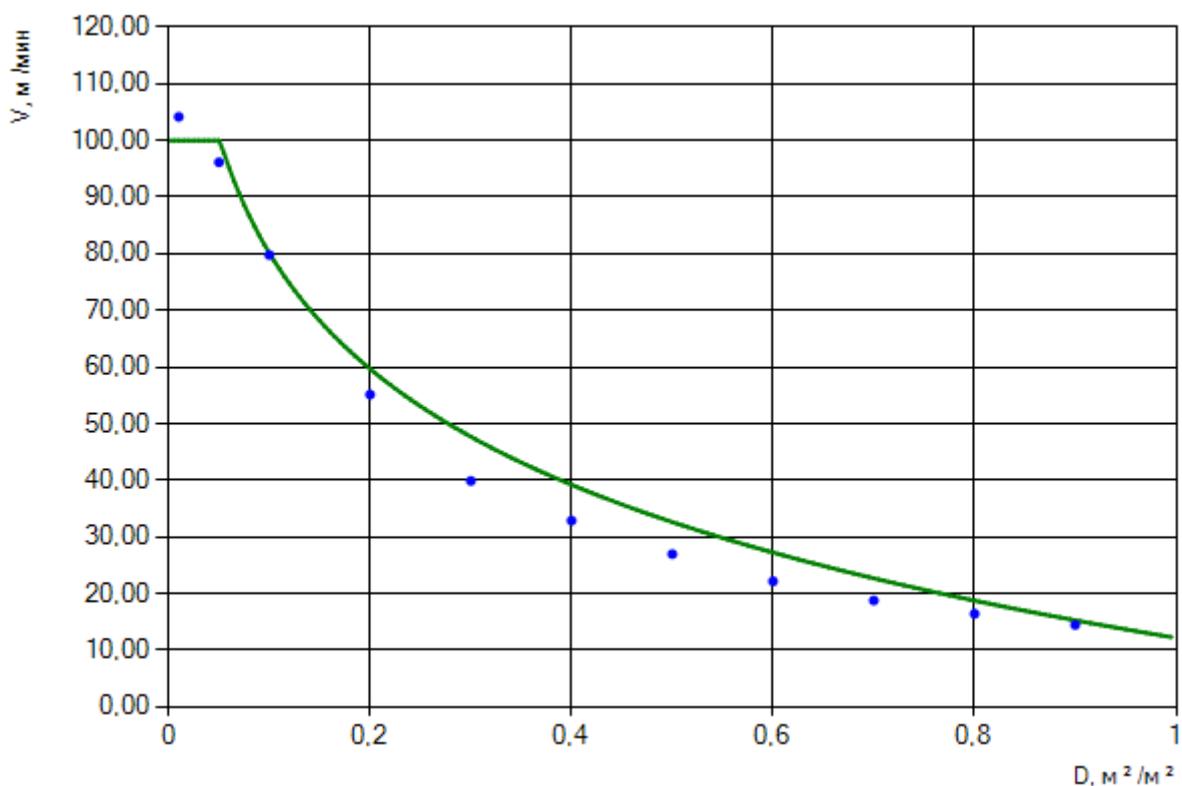


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_007.fnx](#)

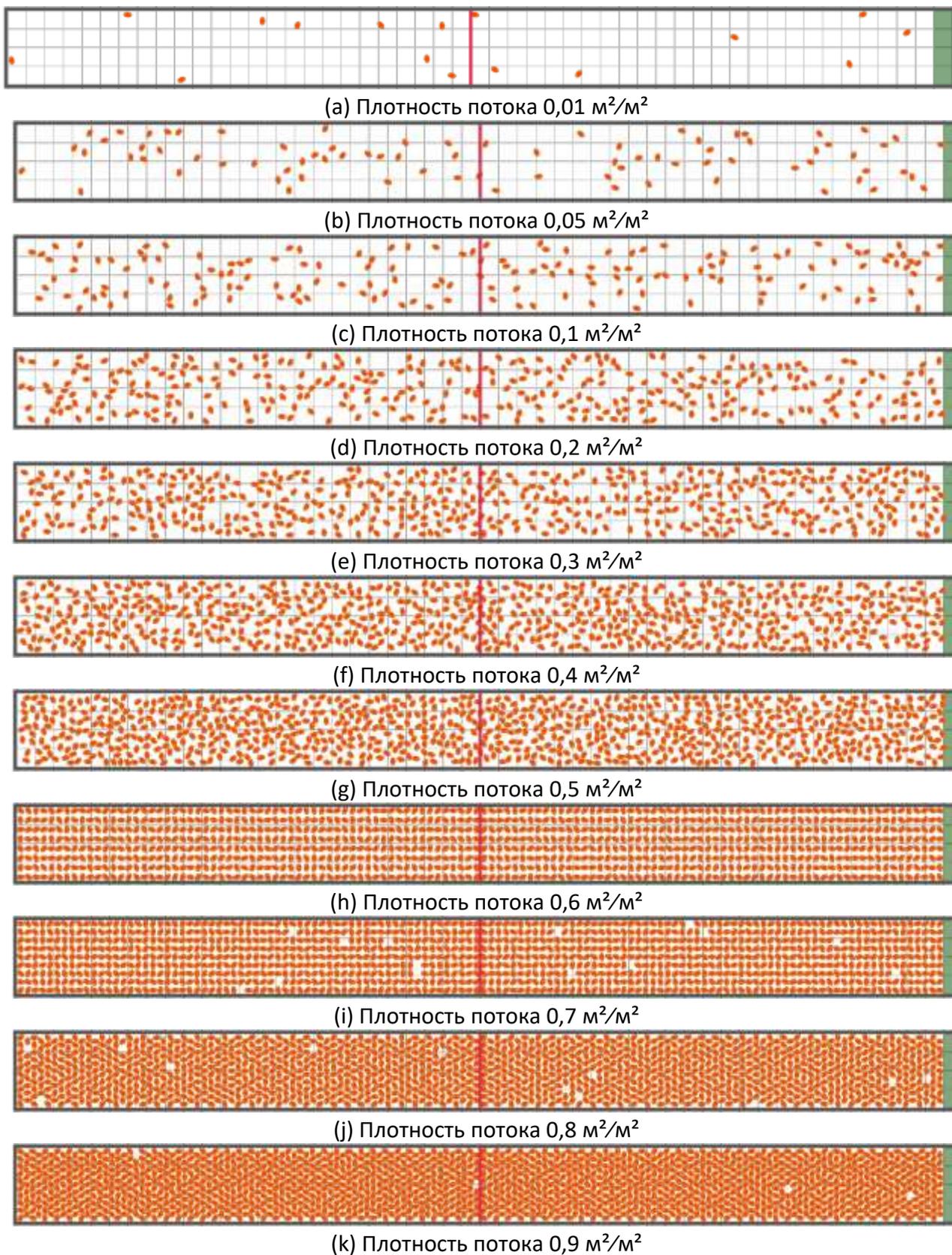


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	16	15,2	15	1,3
2	0,05	80	15,4	15	2,7
3	0,1	160	19	18,7	1,6
4	0,2	320	28,2	25,1	12,4
5	0,3	480	35,6	31,4	13,4
6	0,4	640	45,4	38,2	18,8
7	0,5	800	56,8	45,9	23,7
8	0,6	960	67,4	55	22,5
9	0,7	1120	79,6	66	20,6
10	0,8	1280	91,2	79,8	14,3
11	0,9	1440	103,6	97,9	5,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по горизонтальному пути.

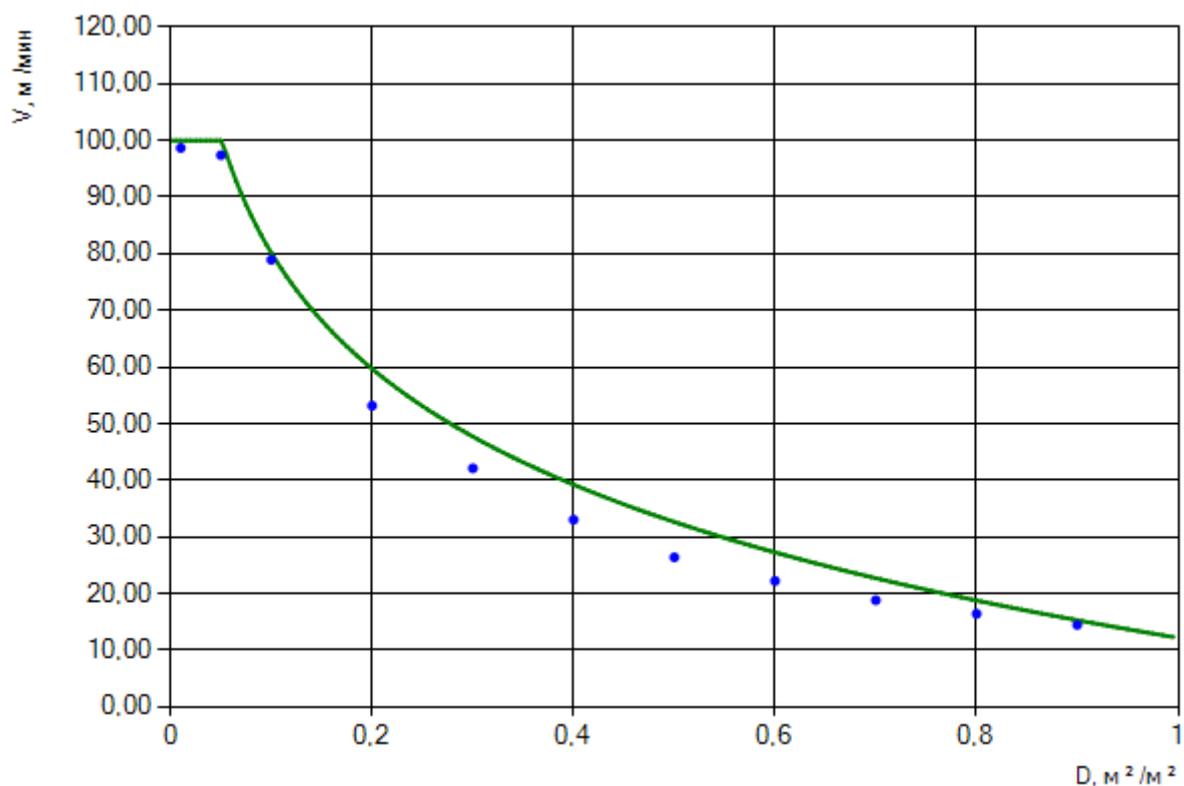


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_008.fnx](#)

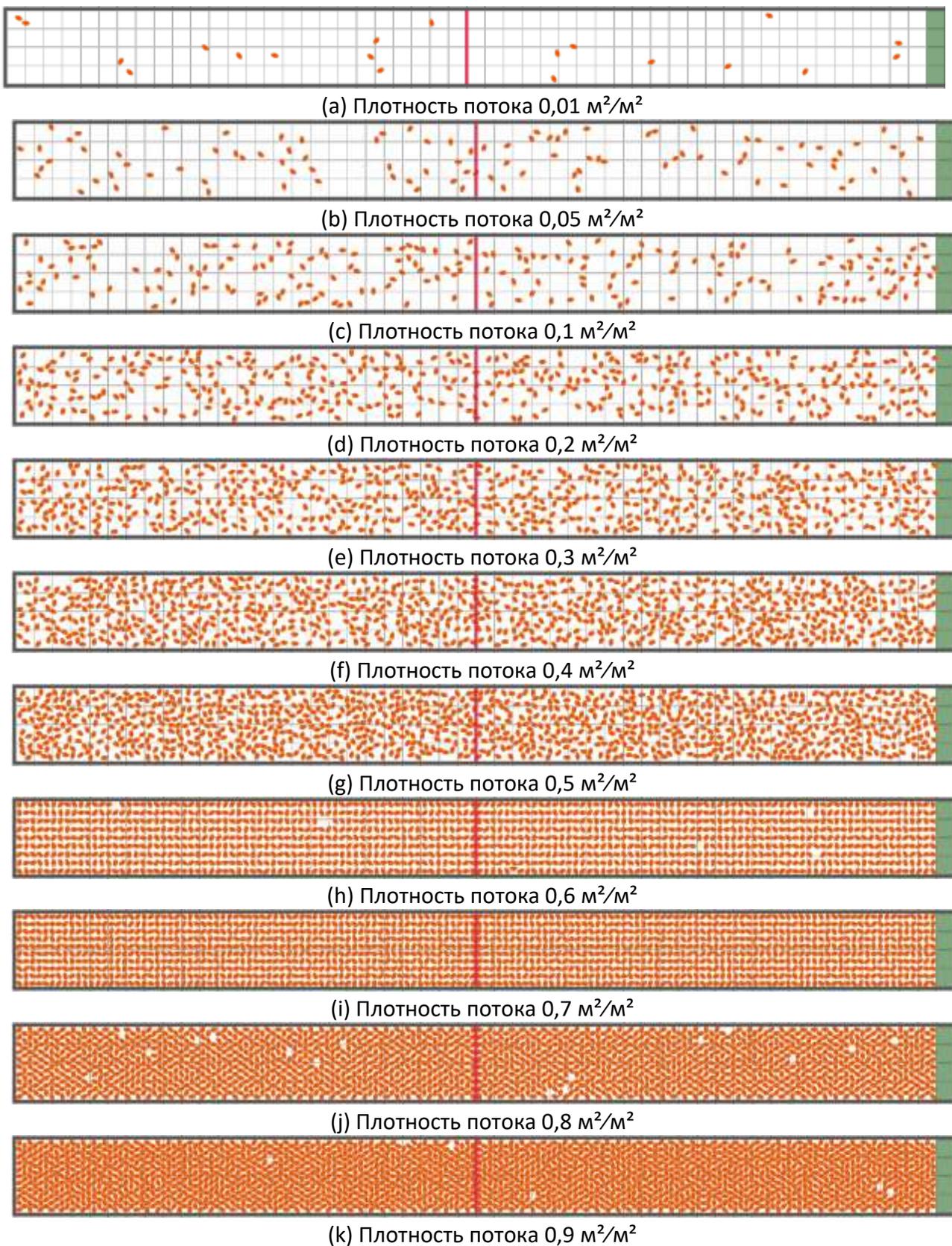


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	14,8	15	-1,3
2	0,05	100	15,8	15	5,3
3	0,1	200	18,6	18,7	-0,5
4	0,2	400	28	25,1	11,6
5	0,3	600	36	31,4	14,6
6	0,4	800	45,4	38,2	18,8
7	0,5	1000	56	45,9	22
8	0,6	1200	67,2	55	22,2
9	0,7	1400	78,8	66	19,4
10	0,8	1600	91	79,8	14
11	0,9	1800	102,6	97,9	4,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по горизонтальному пути.

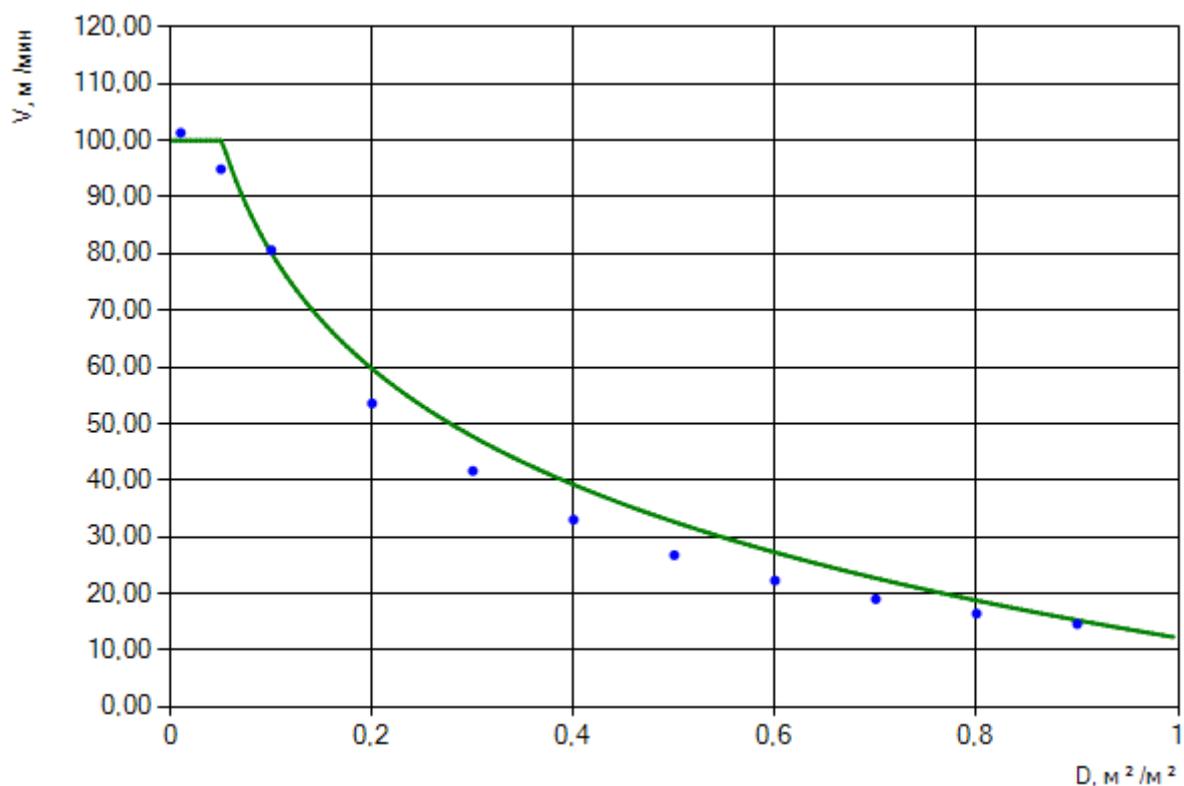


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_009.fnx](#)

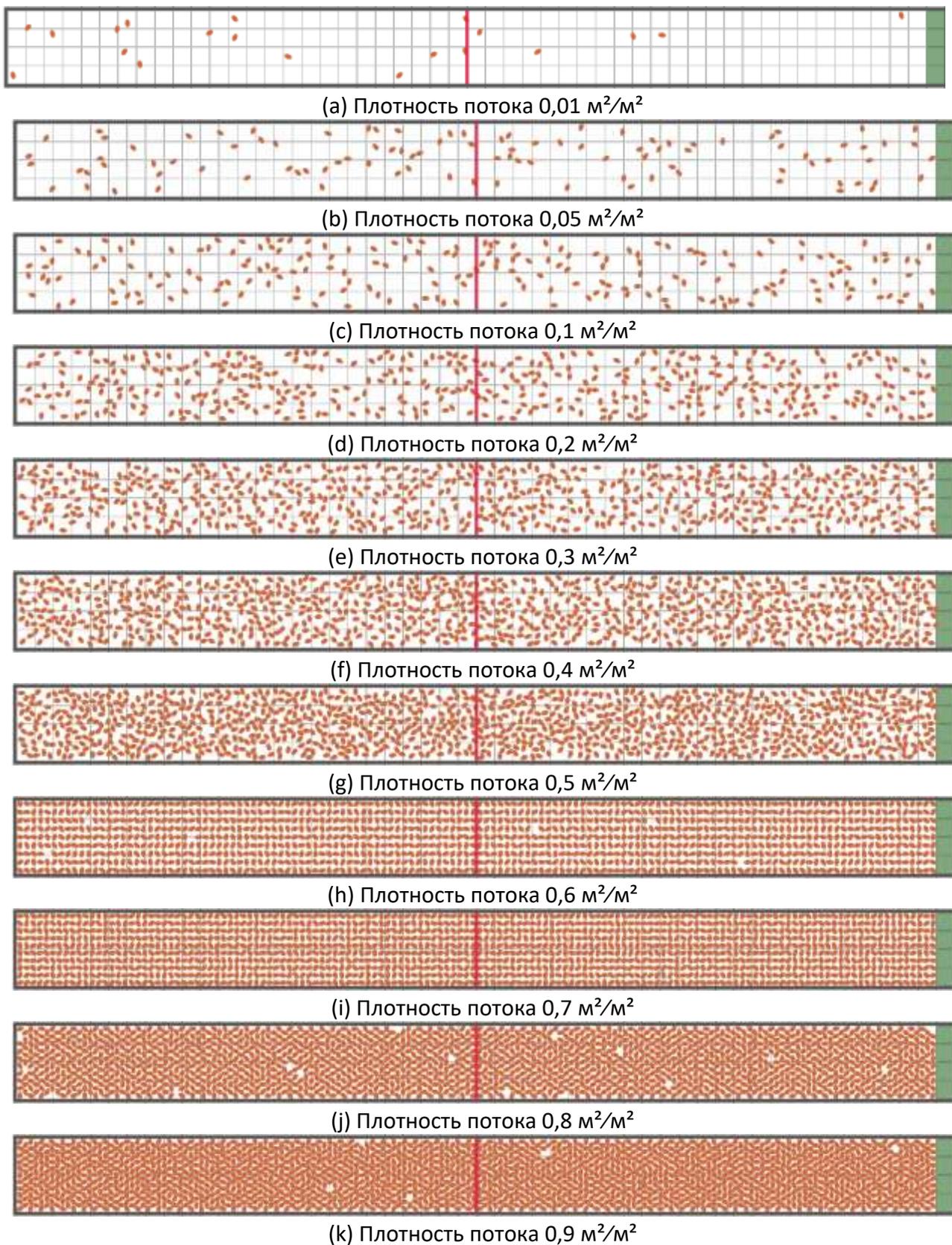


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	18,4	18,3	0,5
2	0,05	100	18,2	18,3	-0,5
3	0,1	200	21,6	21,9	-1,4
4	0,2	400	31,8	29,2	8,9
5	0,3	600	41,2	36,2	13,8
6	0,4	800	49,6	43,7	13,5
7	0,5	1000	61,8	52	18,8
8	0,6	1200	73,4	61,7	19
9	0,7	1400	85,8	73,1	17,4
10	0,8	1600	98,6	87,1	13,2
11	0,9	1800	109	104,7	4,1

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по горизонтальному пути.

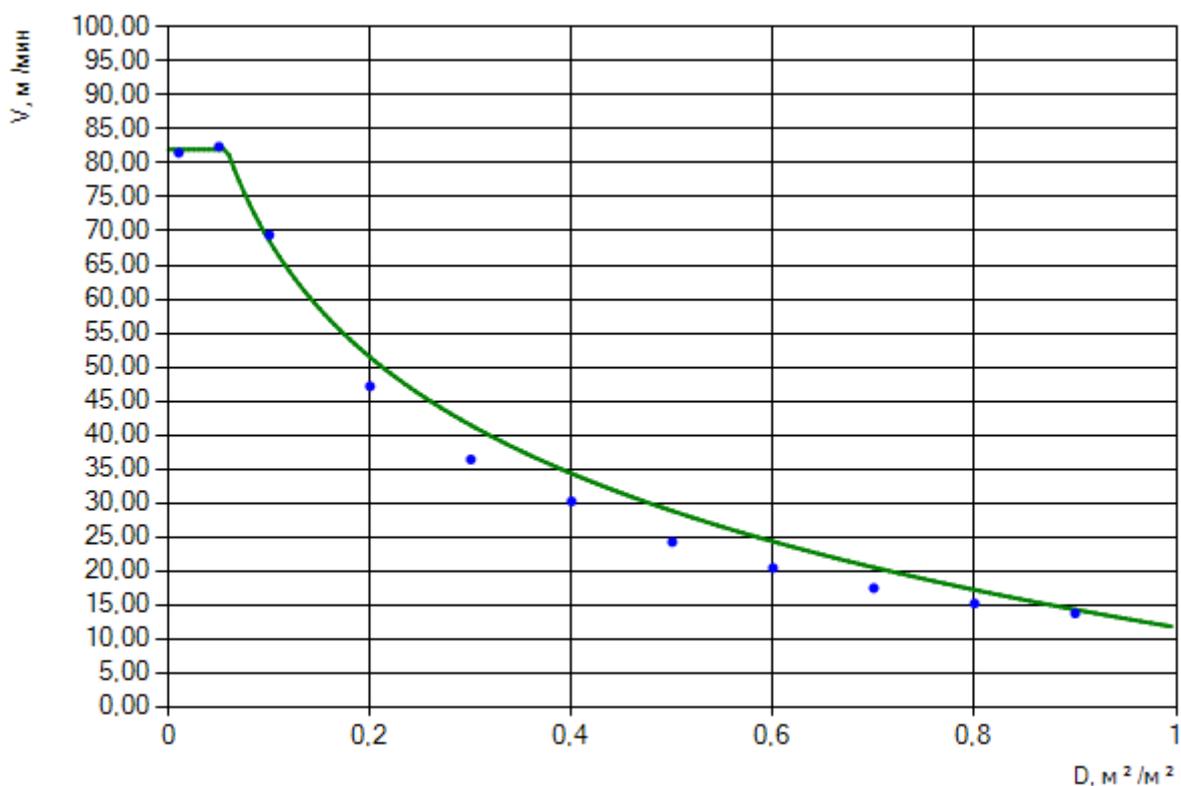


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_010.fnx](#)

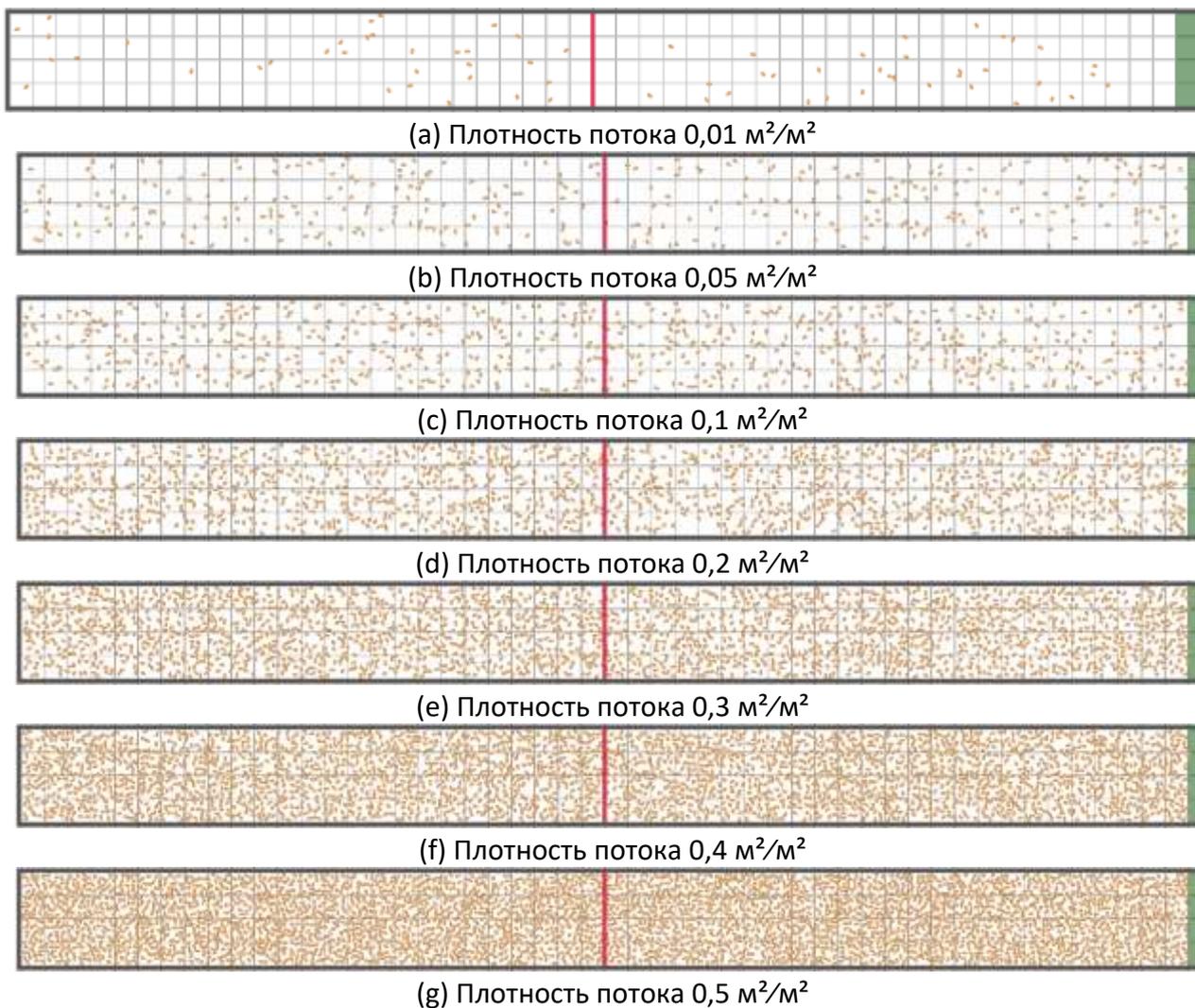


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	67	25,2	25	0,8
2	0,05	333	33,6	31,6	6,3
3	0,1	667	46,6	41,6	12
4	0,2	1333	71,2	61	16,7
5	0,3	2000	104,8	83,8	25,1
6	0,4	2667	146,8	114	28,8
7	0,5	3333	212	158,2	34

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по горизонтальному пути.

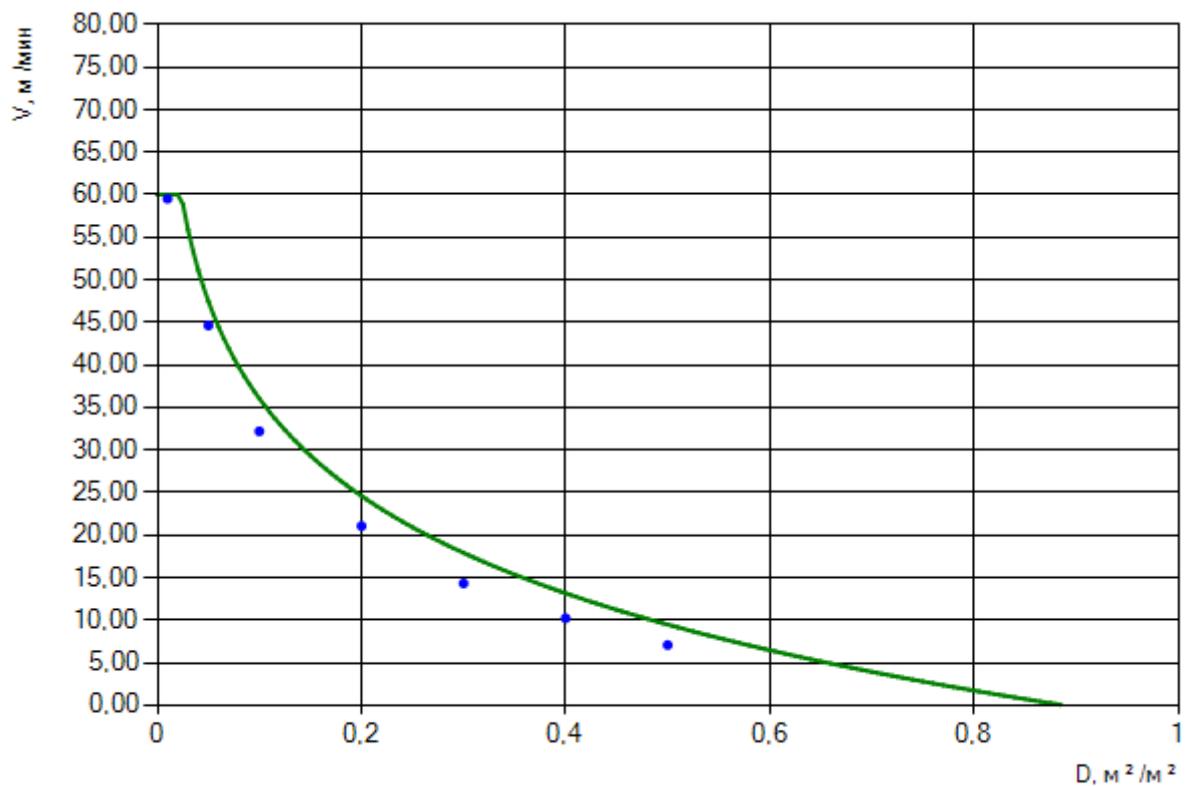


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_011.fnx](#)

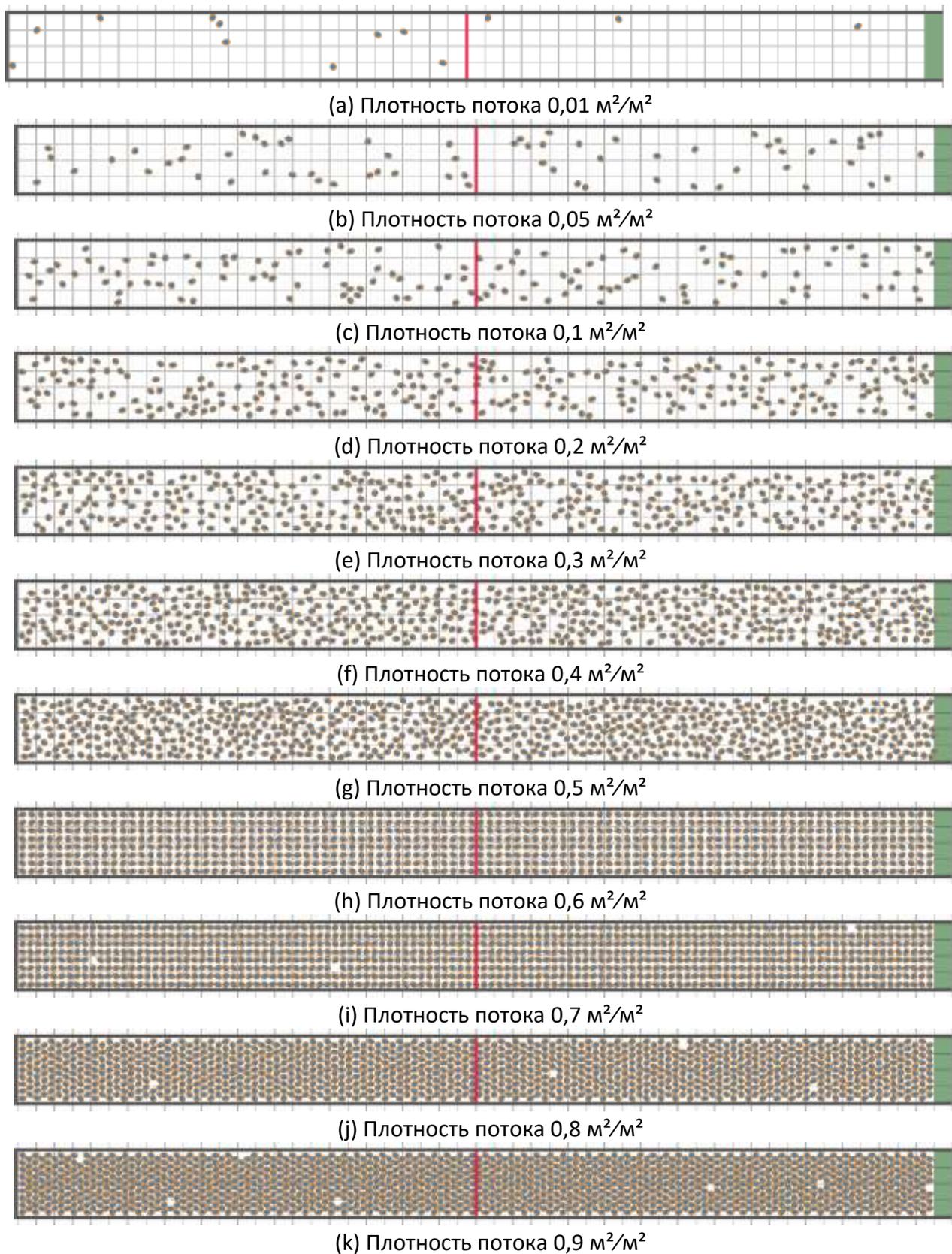


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	13	29,6	29,4	0,7
2	0,05	67	28,6	29,4	-2,7
3	0,1	133	29,6	30,3	-2,3
4	0,2	267	38,4	38,3	0,3
5	0,3	400	46,8	45,2	3,5
6	0,4	533	55,2	51,8	6,6
7	0,5	667	64,6	58,5	10,4
8	0,6	800	71,6	65,4	9,5
9	0,7	933	81,2	72,6	11,8
10	0,8	1067	91,8	80,3	14,3
11	0,9	1200	113,6	88,5	28,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по горизонтальному пути.

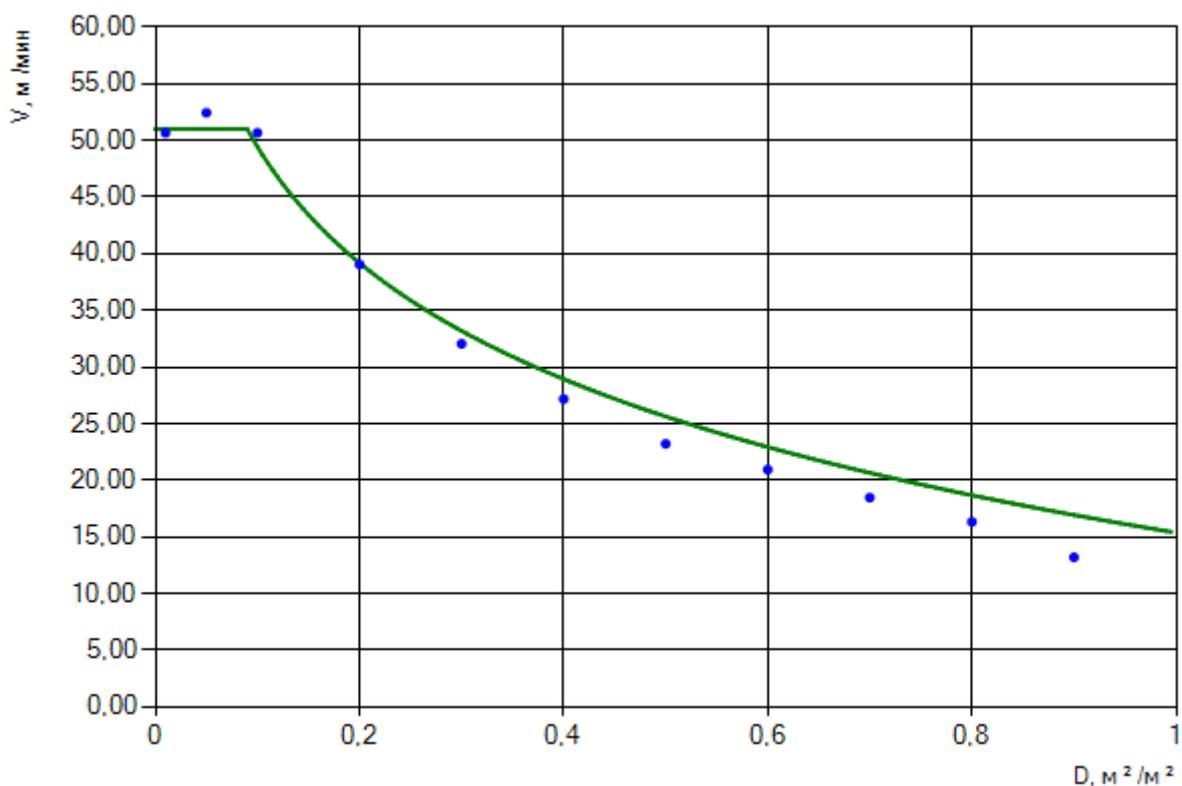


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_012.fnx](#)

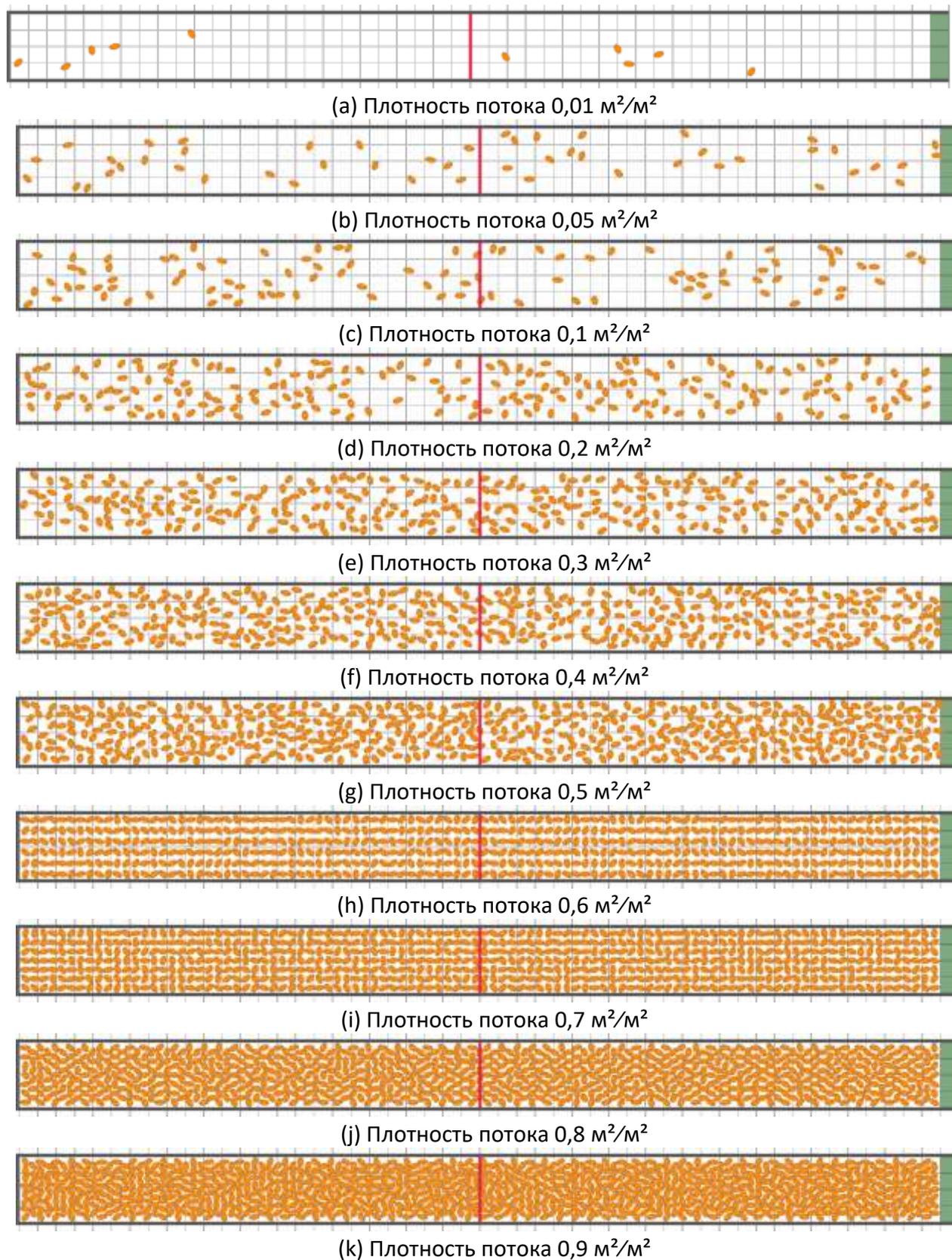


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	33,6	34,1	-1,5
2	0,05	50	34,4	34,1	0,9
3	0,1	100	35,4	34,1	3,8
4	0,2	200	38	38,2	-0,5
5	0,3	300	47	47,1	-0,2
6	0,4	400	60,4	56,4	7,1
7	0,5	500	70,6	66,5	6,2
8	0,6	600	84,6	78	8,5
9	0,7	700	99,4	91,4	8,8
10	0,8	800	113	107,2	5,4
11	0,9	900	127	126,7	0,2

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по горизонтальному пути.

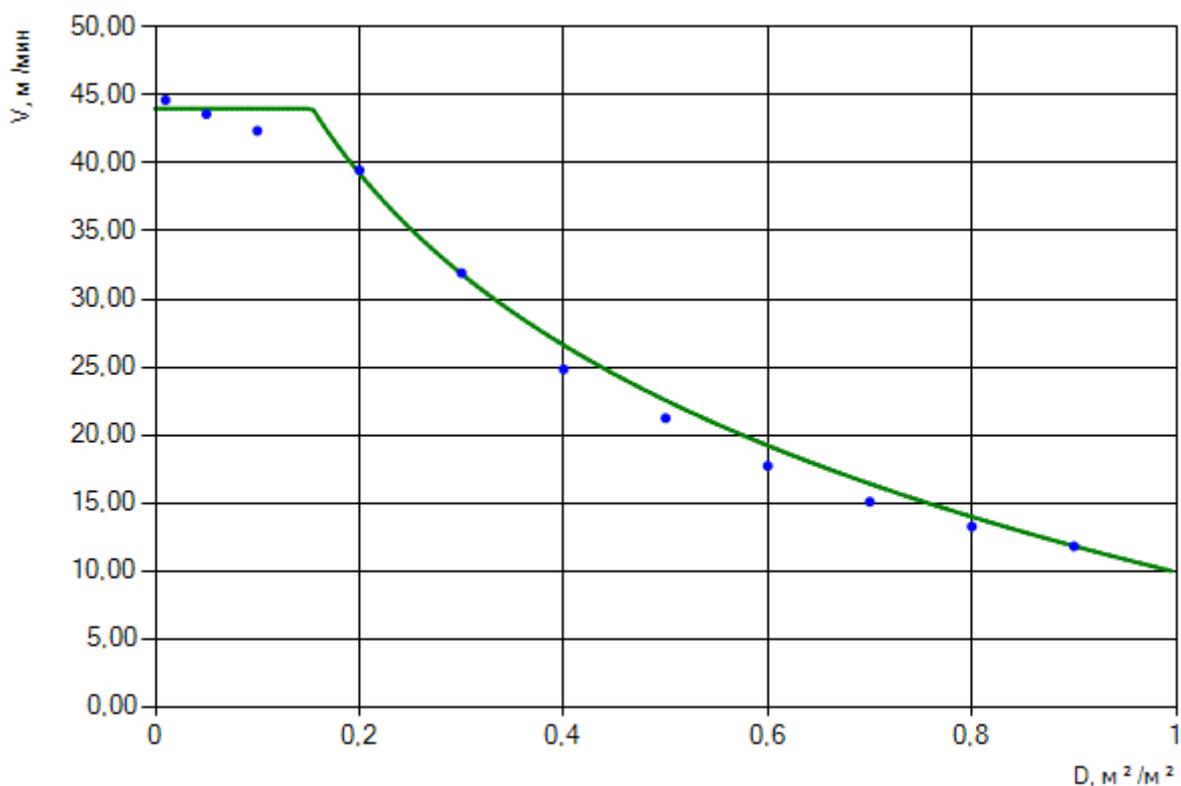


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_013.fnx](#)

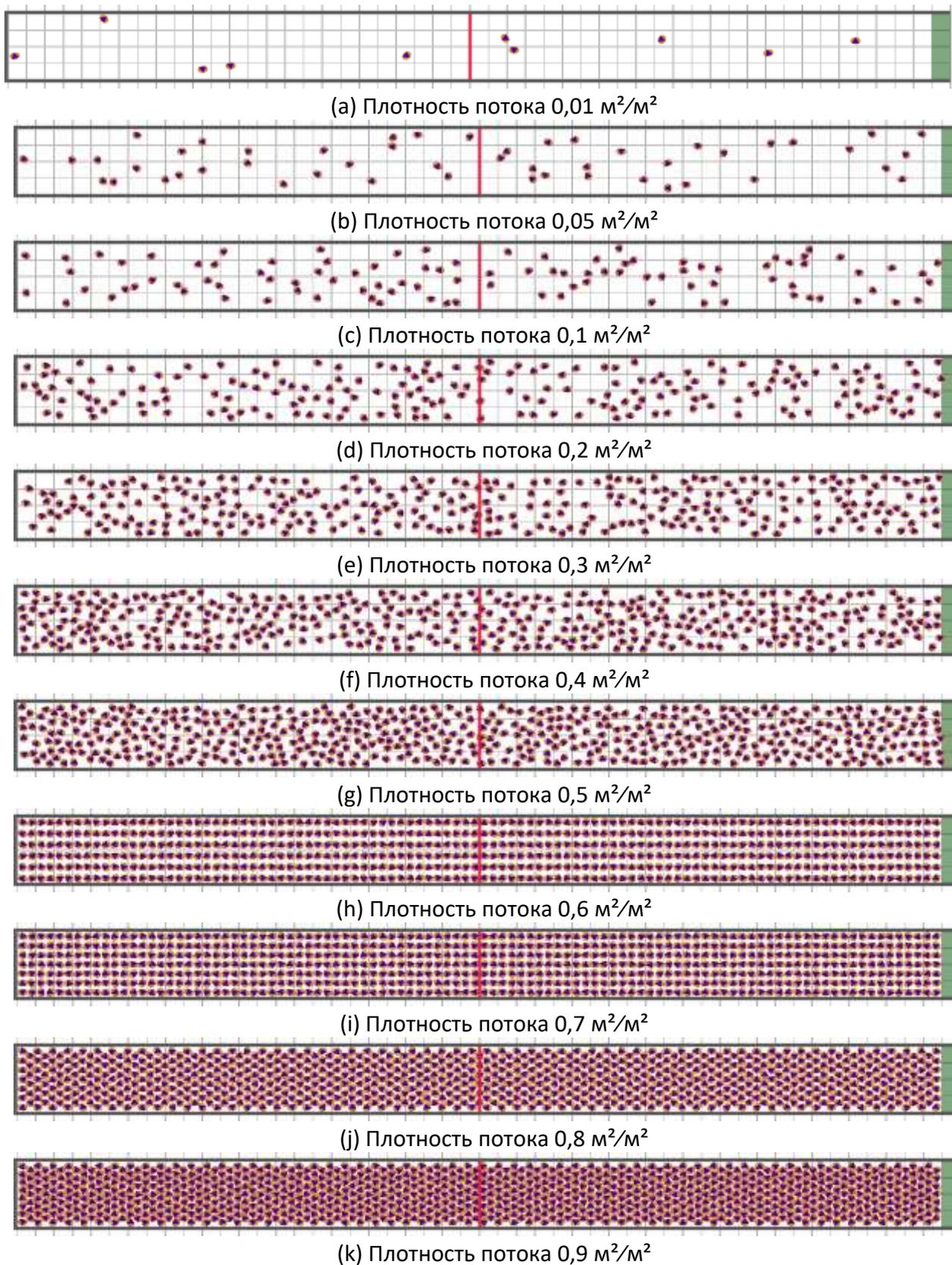


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	59,8	60	-0,3
2	0,05	50	59,4	60	-1
3	0,1	100	59,4	60	-1
4	0,2	200	64,4	61,1	5,4
5	0,3	300	71	74,2	-4,3
6	0,4	400	87,2	87,5	-0,3
7	0,5	500	103,8	101,6	2,2
8	0,6	600	119,8	117,1	2,3
9	0,7	700	135,6	134,4	0,9
10	0,8	800	155,6	154,2	0,9
11	0,9	900	186,2	177,1	5,1

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по горизонтальному пути.

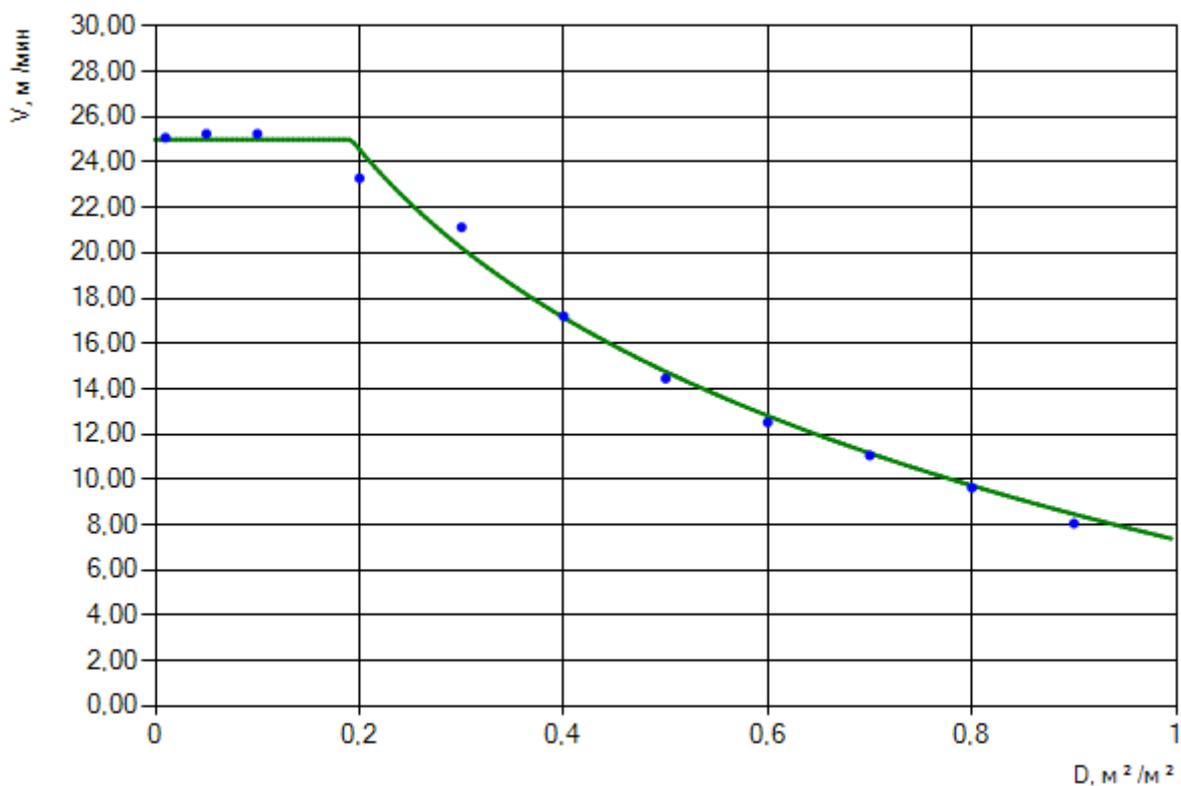
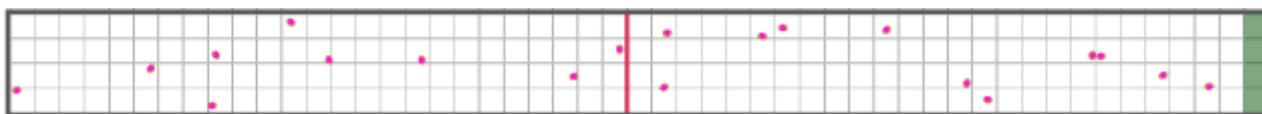


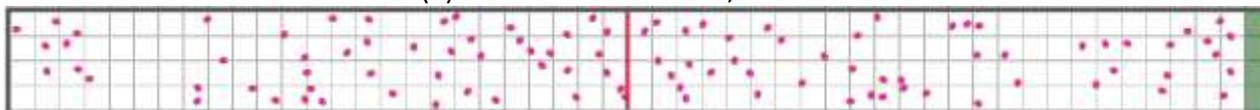
Рис. 2. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по горизонтальному пути.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_014.fnx](#)



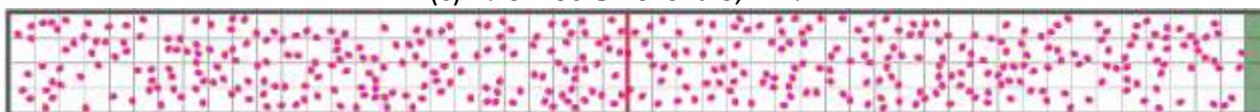
(a) Плотность потока 0,01 м²/м²



(b) Плотность потока 0,05 м²/м²



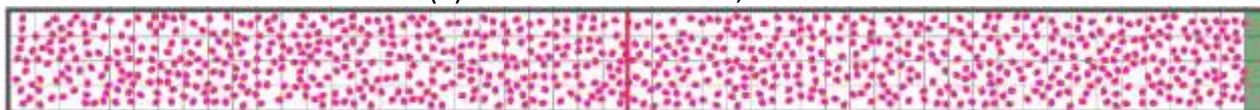
(c) Плотность потока 0,1 м²/м²



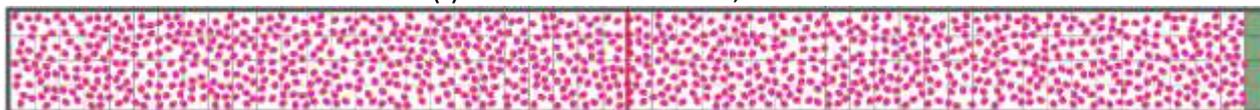
(d) Плотность потока 0,2 м²/м²



(e) Плотность потока 0,3 м²/м²



(f) Плотность потока 0,4 м²/м²



(g) Плотность потока 0,5 м²/м²

Рис. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по горизонтальному пути.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	57,4	57,7	-0,5
2	0,05	100	58	57,7	0,5
3	0,1	200	62,8	65,3	-3,8
4	0,2	400	95,8	92,1	4
5	0,3	600	135,8	121,3	12
6	0,4	800	173	156,4	10,6
7	0,5	1000	230	201,6	14,1

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по горизонтальному пути.

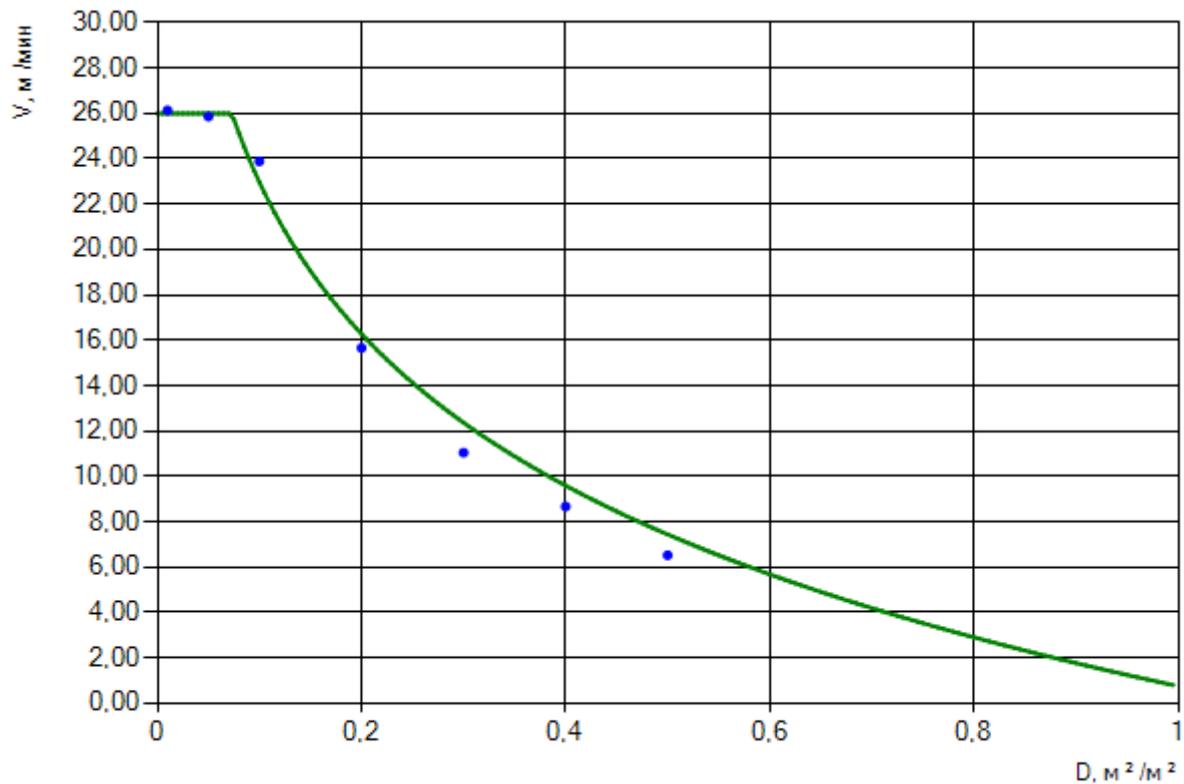


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по горизонтальному пути.

Анализ результатов

Скорость движения людей по горизонтальному пути при моделировании с помощью программы Fenix+ 3 хорошо соответствует зависимостям, представленным в методике. Отклонение, как правило, не превышает 15%.

Причем средняя скорость движения потока (определяемая как отношение половины длины коридора ко времени прохождения регистратора последним человеком) как правило оказывается ниже значения, рассчитанного по формуле (2).

1.2. Движение по лестнице вниз

Описание группы тестов

Методика [1] не содержит информацию о зависимости скорости движения людей по лестницам различного угла наклона. Считаем, что по любым лестницам люди движутся со скоростью, определяемой выражением (1) и таблицей 1.

Сценарий представляет собой лестницу шириной 4 м, высотой 30 м и длиной в проекции равной 40 м. Таким образом, длина лестницы составляет 50 м (так как скорость движения не зависит от угла наклона лестницы, указанные параметры выбраны лишь для упрощения вычислений).

На нижнем уровне лестницы расположен выход и регистратор.

На лестнице находится такое количество людей, чтобы обеспечить необходимую плотность размещения. Время начала движения всех людей равно нулю.

Время прохождения последнего человека через середину лестницы, рассчитанное с помощью программы Fenix+ 3, сравнивается со временем, определенным по формуле:

$$t(D) = \frac{0,5L}{V(D)} \quad (4)$$

где L - длина лестницы, а V - скорость, определенная по формуле (1).

Плотность потока определяется по формуле:

$$D = \frac{Nf}{S} \quad (5)$$

где N - количество людей на лестнице, S - площадь лестницы, а f - площадь горизонтальной проекции человека.

Были разработаны проекты для каждого контингента людей (кроме контингента М4 – инвалиды, передвигающиеся на колясках). Каждый проект состоит из нескольких сценариев (каждый сценарий соответствует определенной плотности потока).

Ожидаемые результаты

Время прохождения последнего человека через середину лестницы совпадает со временем, рассчитанным по формуле (4).

Результаты моделирования

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_015.fnx](#)

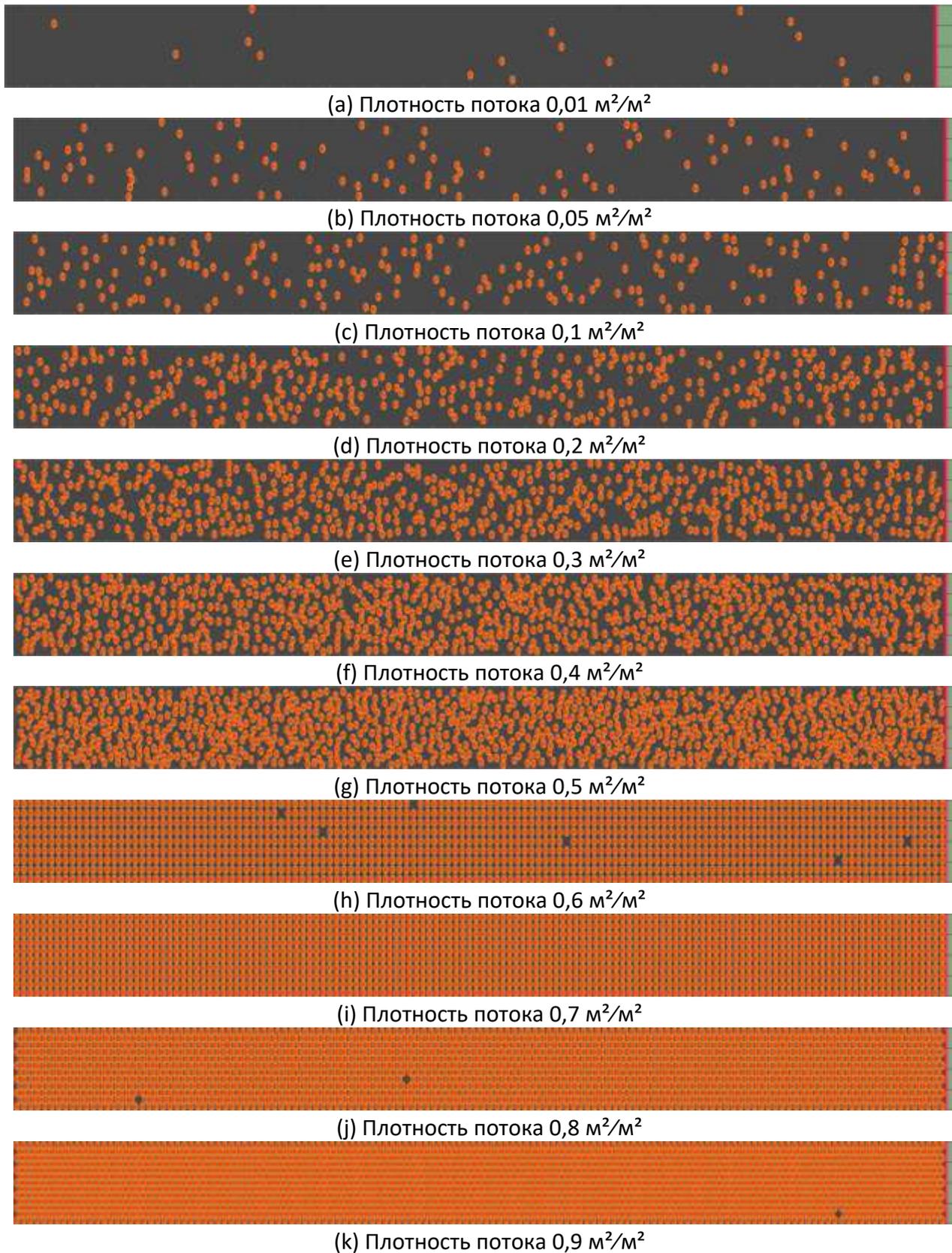


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М1" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	13,6	15	-9,3
2	0,05	100	15	15	0
3	0,1	200	15,2	15,7	-3,2
4	0,2	400	23	22,2	3,6
5	0,3	600	31	29,2	6,2
6	0,4	800	41,8	37,6	11,2
7	0,5	1000	54,6	48,4	12,8
8	0,6	1200	78,4	63,4	23,7
9	0,7	1400	103,8	85,7	21,1
10	0,8	1600	112,2	123,3	-9
11	0,9	1800	135,2	201,4	-32,9

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М1" по лестнице вниз.

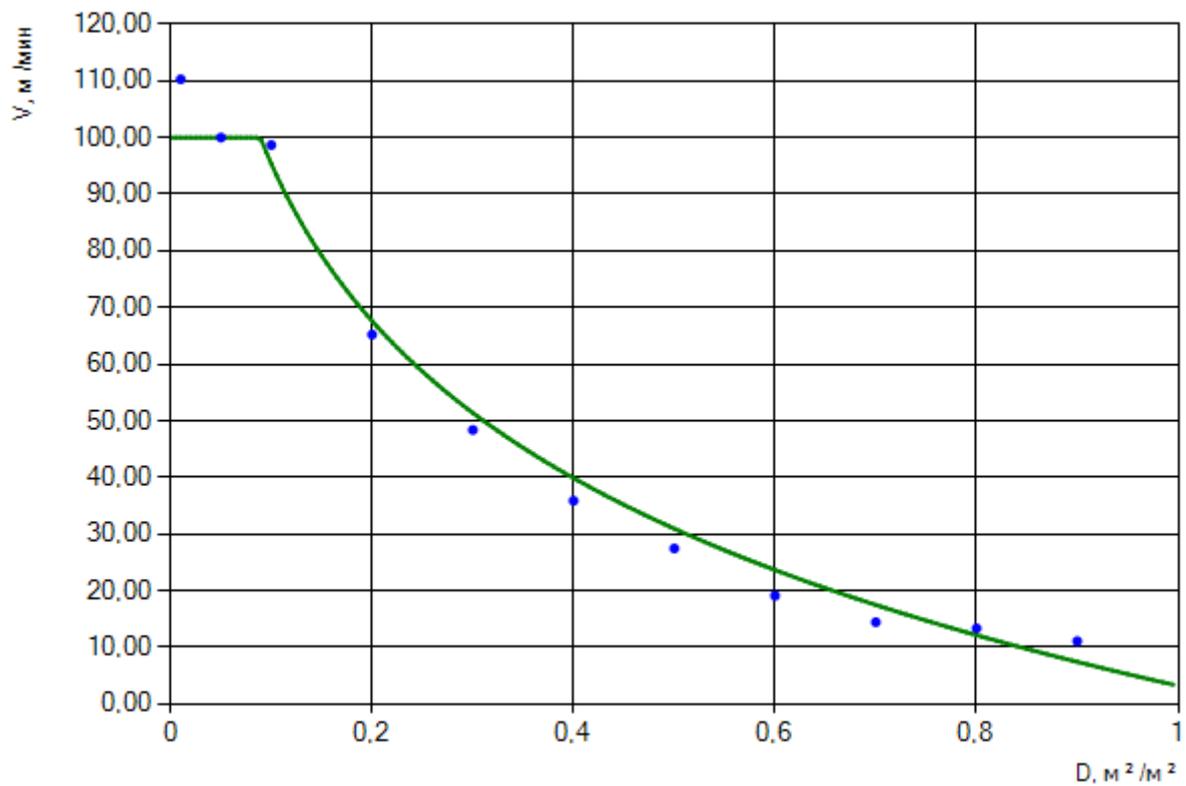


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М1" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_016.fnx](#)

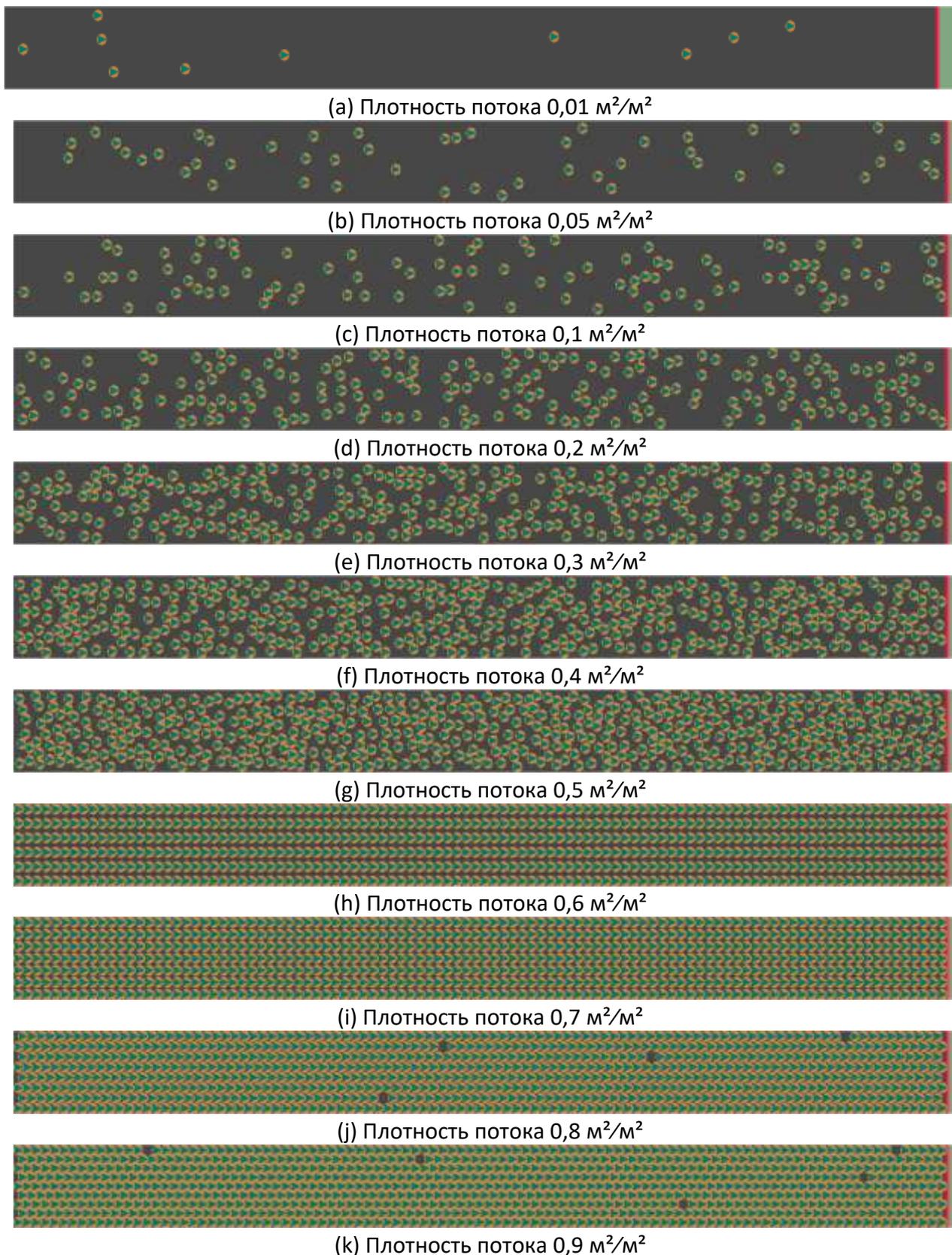


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М2" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	48,2	50	-3,6
2	0,05	50	44,2	50	-11,6
3	0,1	100	49	50	-2
4	0,2	200	52	57,2	-9,1
5	0,3	300	70,2	68,1	3,1
6	0,4	400	77,8	78,8	-1,3
7	0,5	500	90,2	89,8	0,4
8	0,6	600	112	101,2	10,7
9	0,7	700	114,8	113,5	1,1
10	0,8	800	125	126,8	-1,4
11	0,9	900	129,8	141,4	-8,2

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М2" по лестнице вниз.

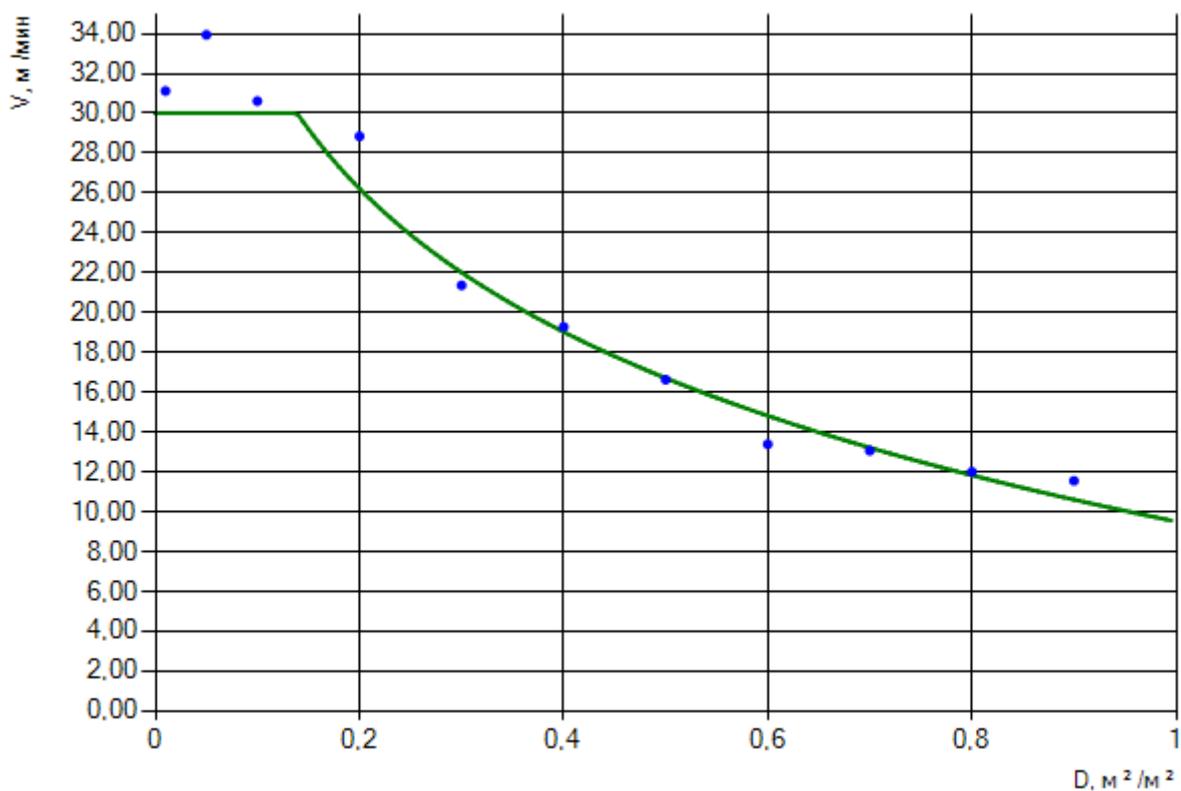


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М2" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_017.fnx](#)

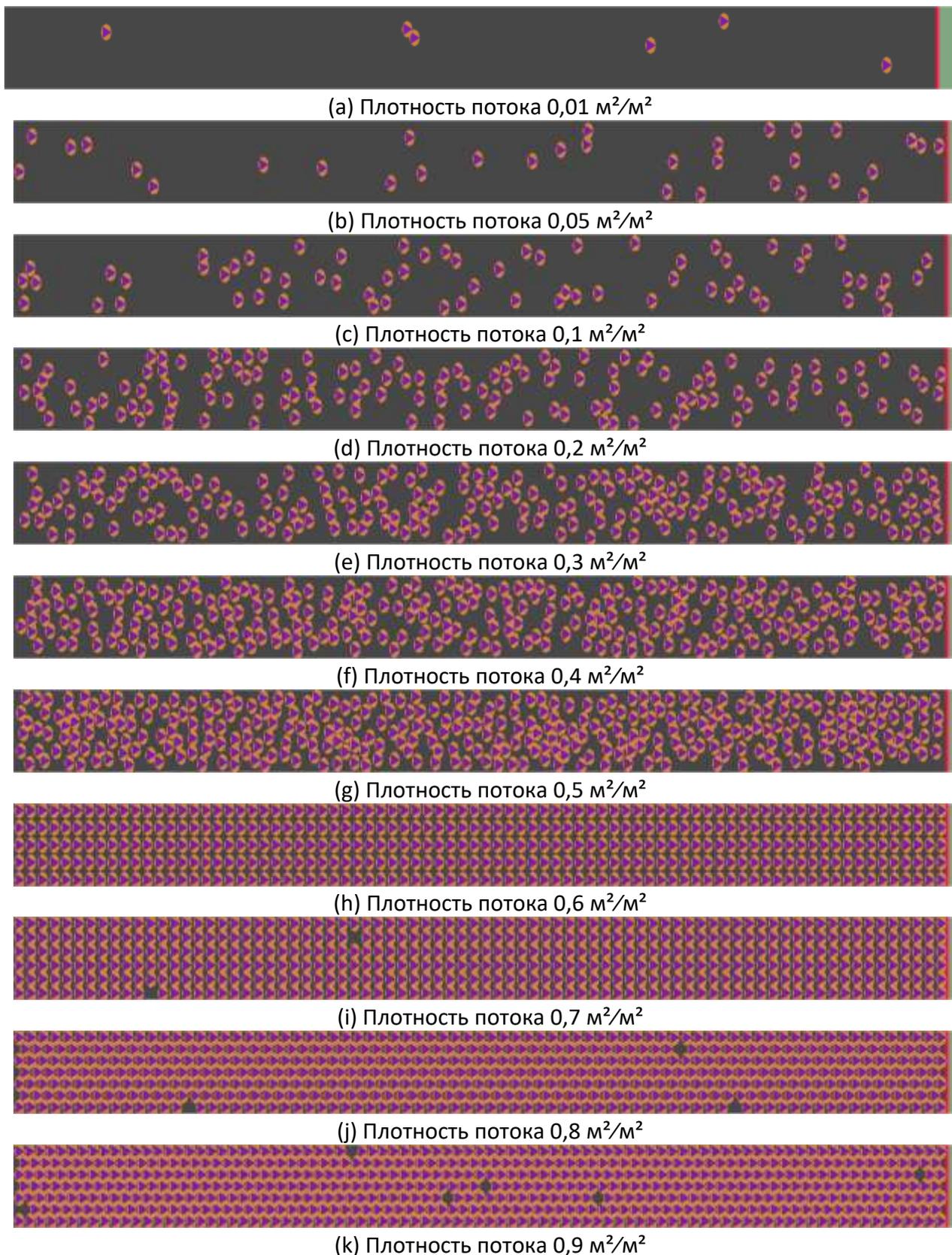


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М3" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	6	58,8	75	-21,6
2	0,05	33	74,2	75	-1,1
3	0,1	66	75,2	75	0,3
4	0,2	133	75,6	75	0,8
5	0,3	200	79,8	90	-11,3
6	0,4	266	103,6	106,7	-2,9
7	0,5	333	119,4	124,7	-4,3
8	0,6	400	138,4	144,6	-4,3
9	0,7	466	159,2	167,1	-4,7
10	0,8	533	188,2	193,2	-2,6
11	0,9	600	218,8	224,1	-2,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "МЗ" по лестнице вниз.

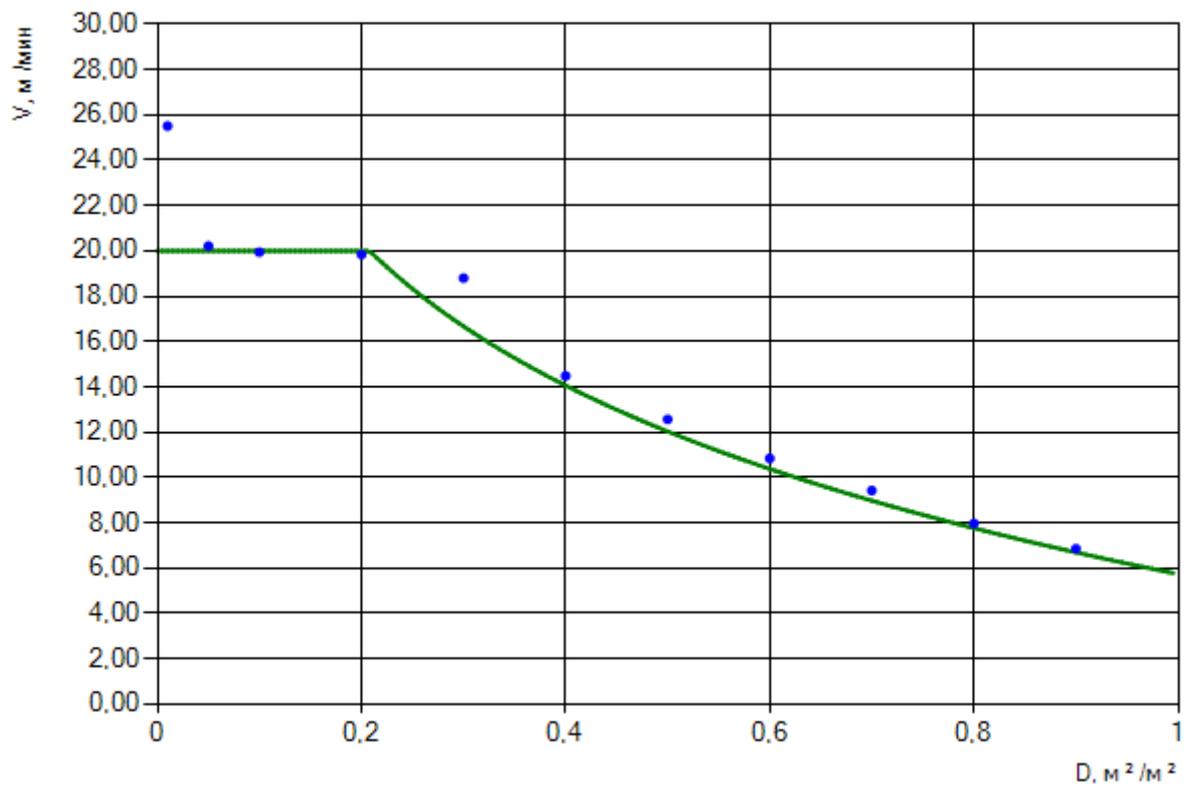


Рис. 2. Движение потока людей контингента "МЗ" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_018.fnx](#)

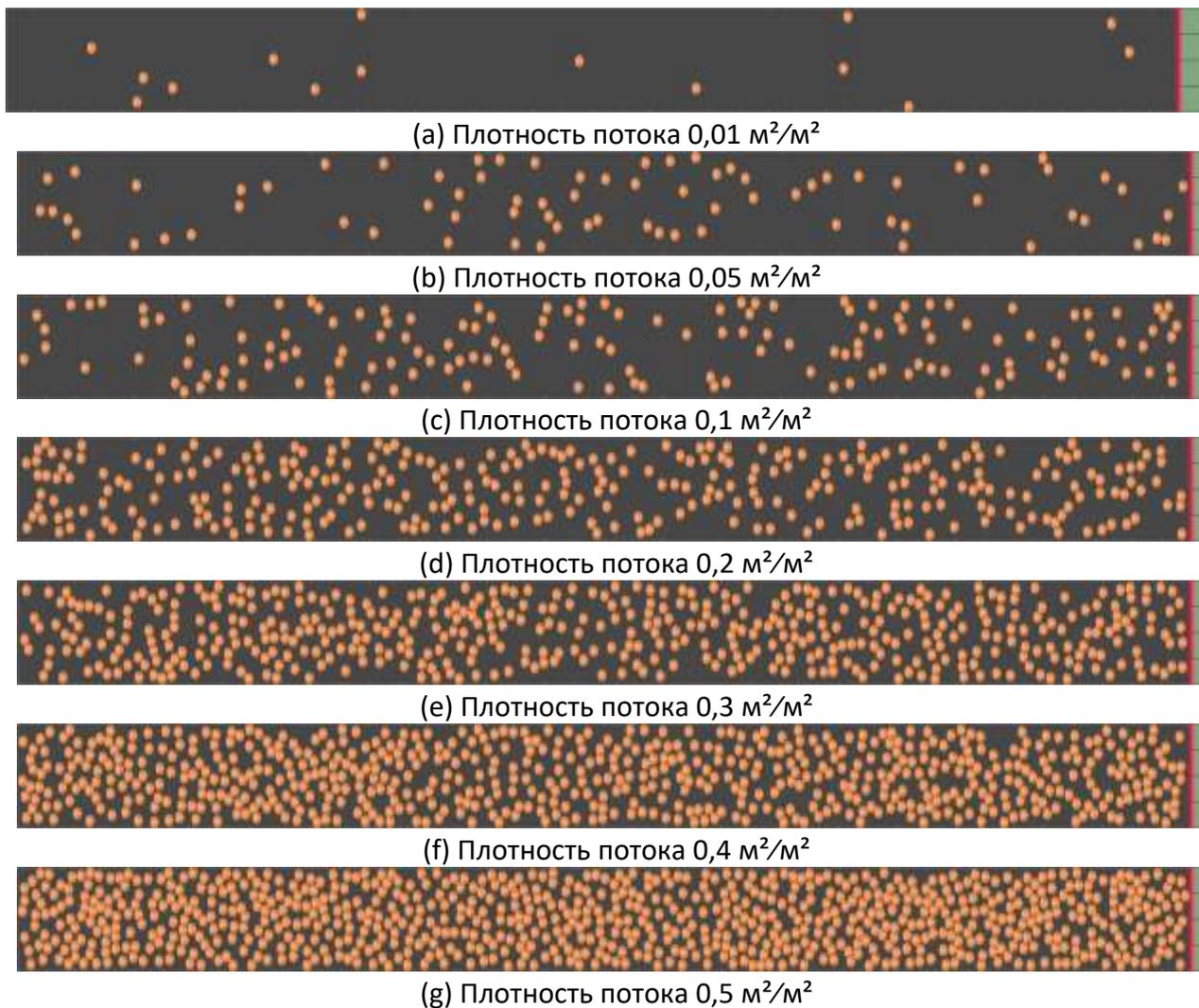


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	15	64,2	75	-14,4
2	0,05	76	72,2	75	-3,7
3	0,1	153	74,2	75	-1,1
4	0,2	307	74	75	-1,3
5	0,3	461	74,2	75	-1,1
6	0,4	615	74,4	75	-0,8
7	0,5	769	74,4	75	-0,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по лестнице вниз.

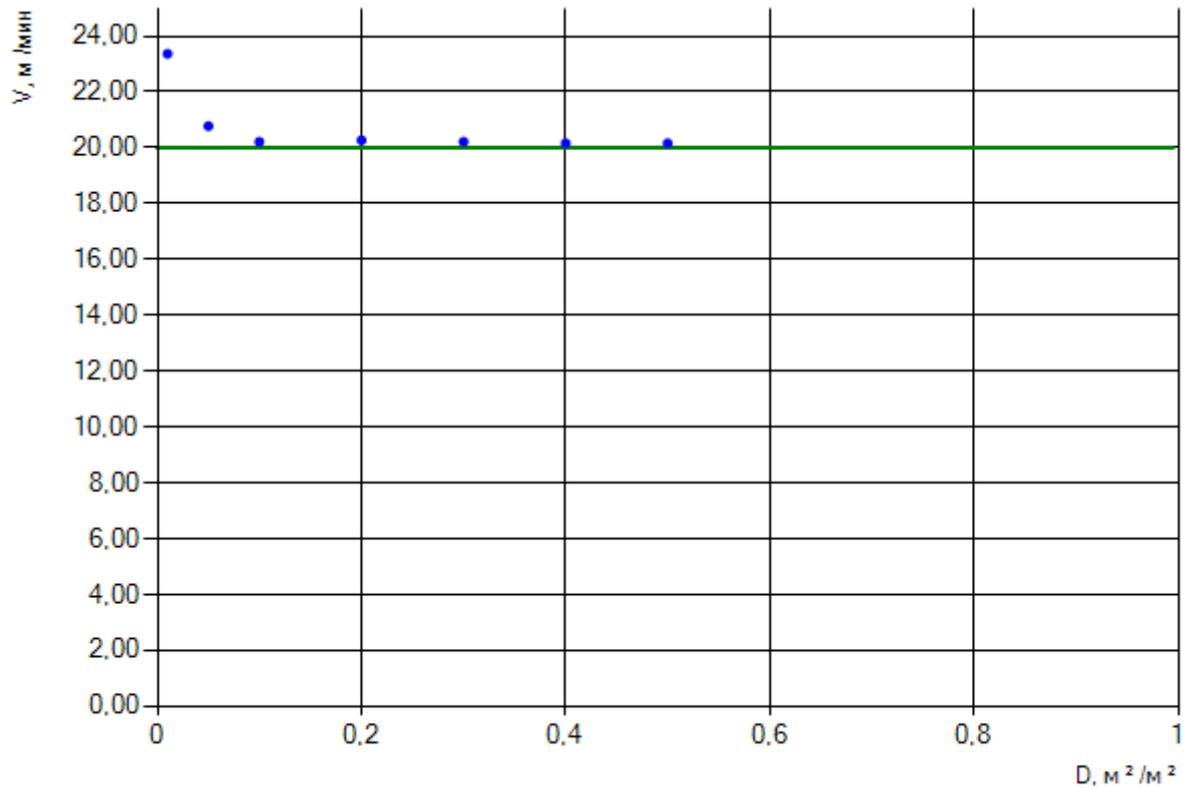


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_019.fnx](#)

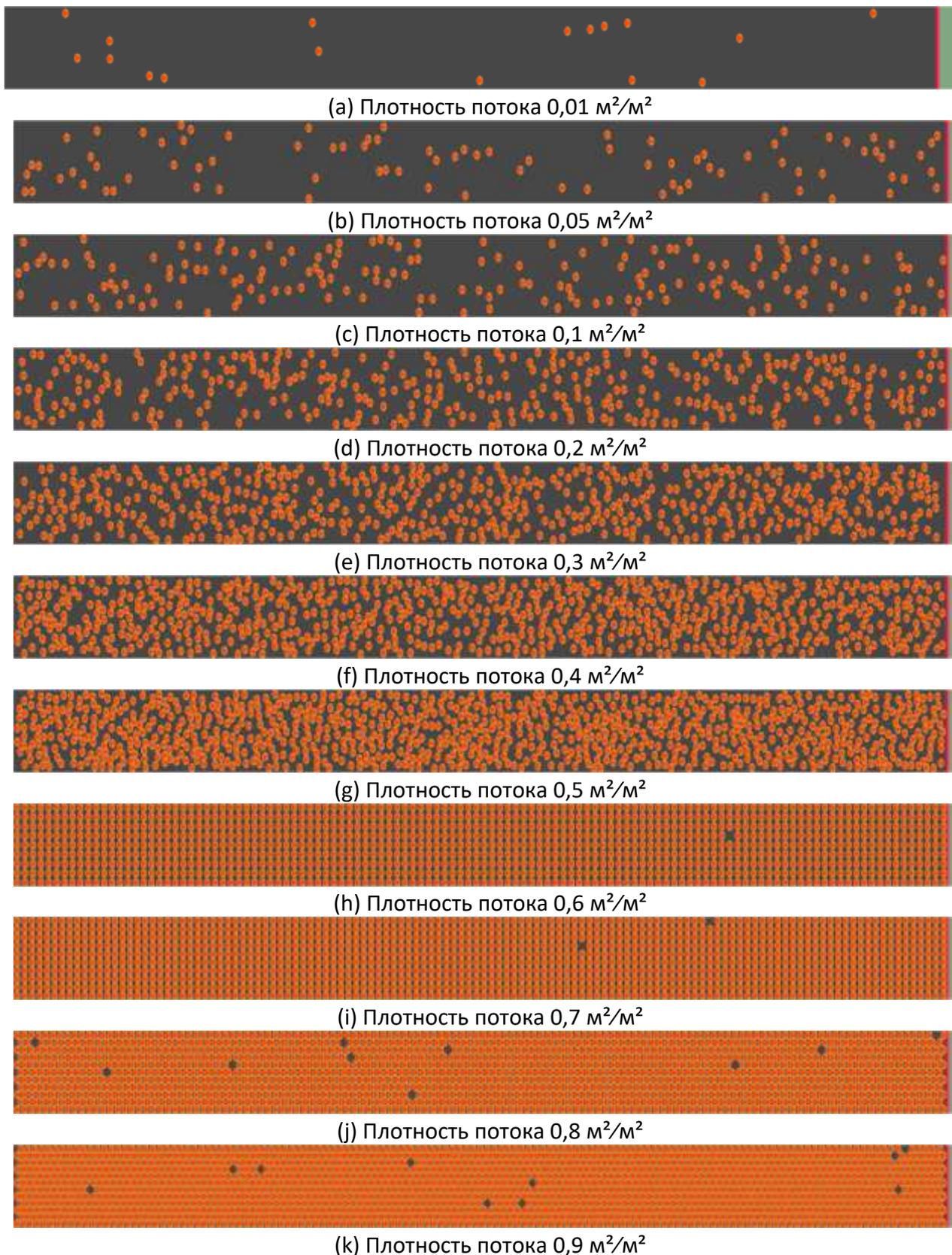


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	17	13,2	15	-12
2	0,05	88	15,2	15	1,3
3	0,1	176	15,4	15,7	-1,9
4	0,2	353	22,6	22,2	1,8
5	0,3	530	30,4	29,2	4,1
6	0,4	707	40,6	37,6	8
7	0,5	884	54,2	48,4	12
8	0,6	1061	73,4	63,3	16
9	0,7	1238	107,4	85,6	25,5
10	0,8	1415	112,8	123,1	-8,4
11	0,9	1592	134,2	200,8	-33,2

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по лестнице вниз.

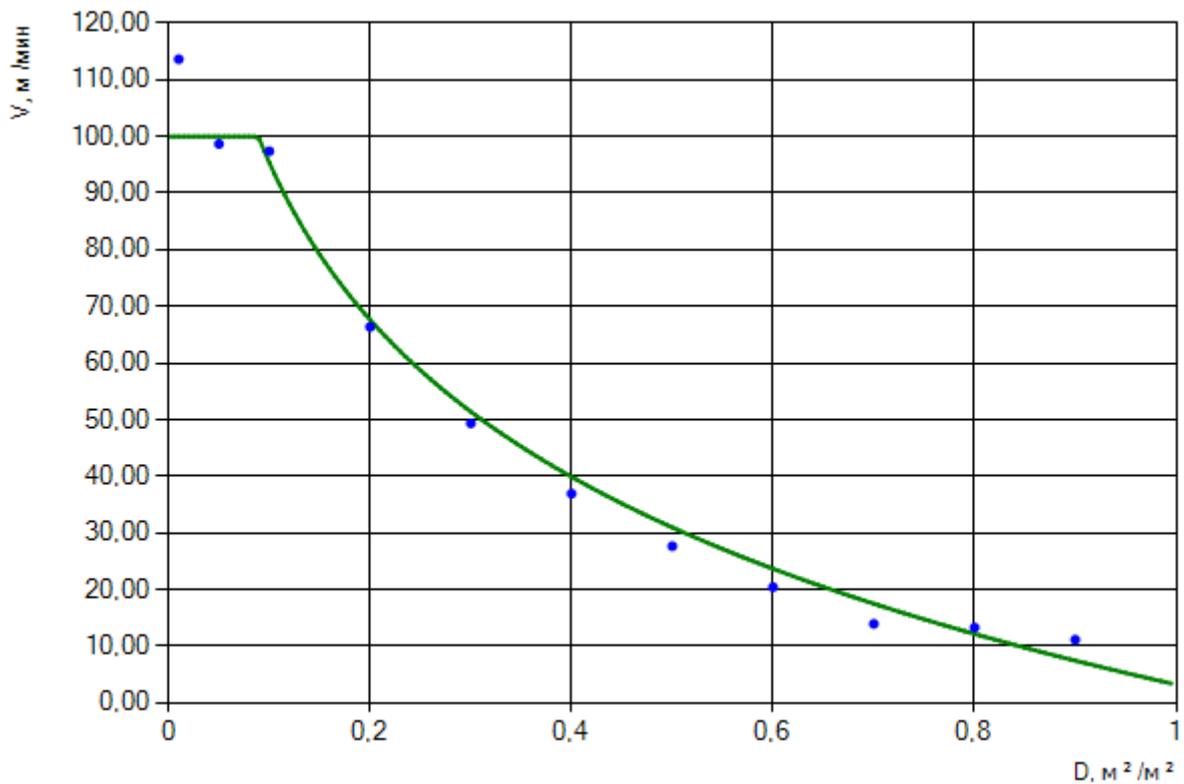


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_020.fnx](#)

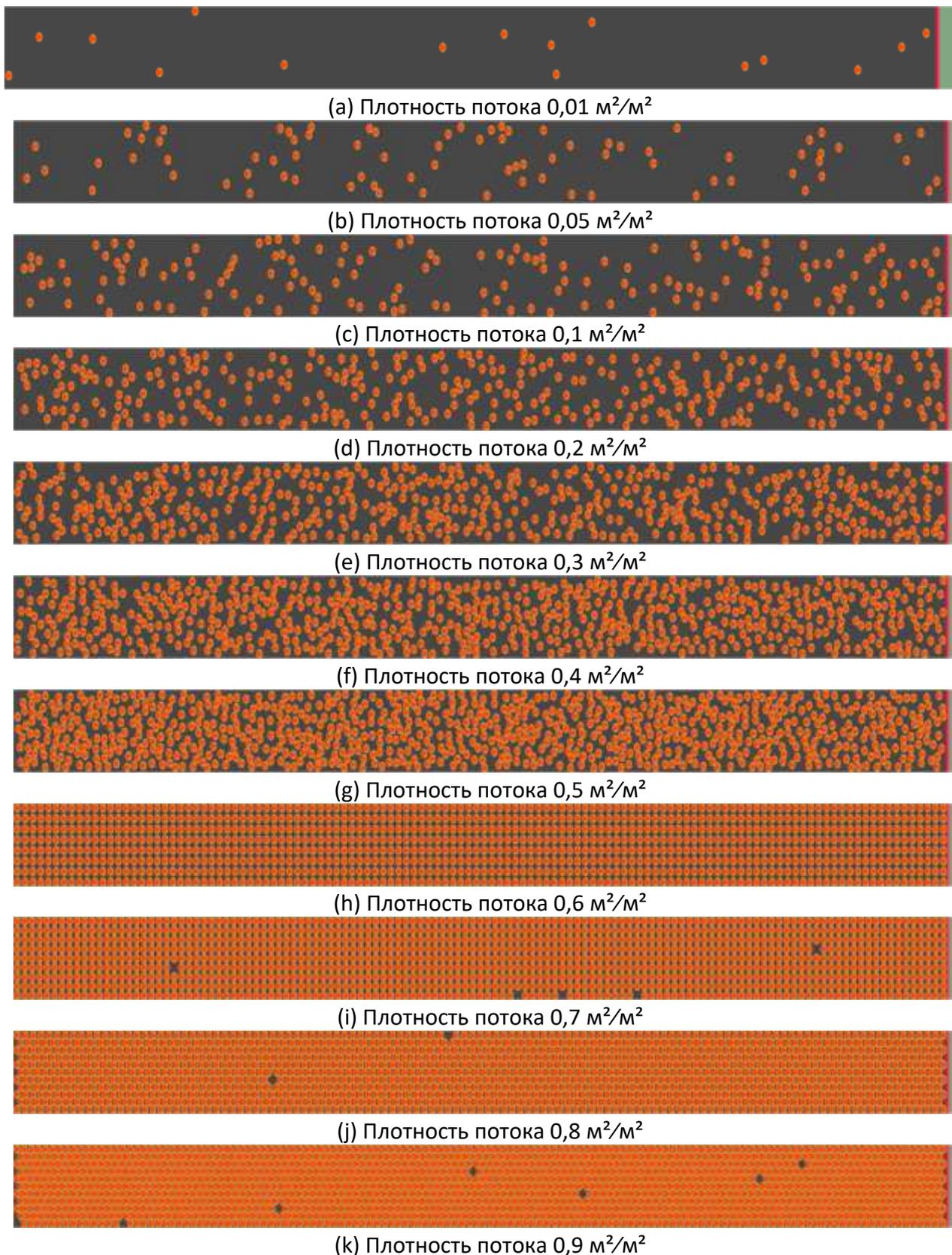


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	16	15	15	0
2	0,05	80	14,6	15	-2,7
3	0,1	160	15,4	15,7	-1,9
4	0,2	320	22,4	22,2	0,9
5	0,3	480	30,8	29,2	5,5
6	0,4	640	40	37,6	6,4
7	0,5	800	54,4	48,4	12,4
8	0,6	960	80,8	63,4	27,4
9	0,7	1120	94,6	85,7	10,4
10	0,8	1280	112,4	123,3	-8,8
11	0,9	1440	132,8	201,4	-34,1

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по лестнице вниз.

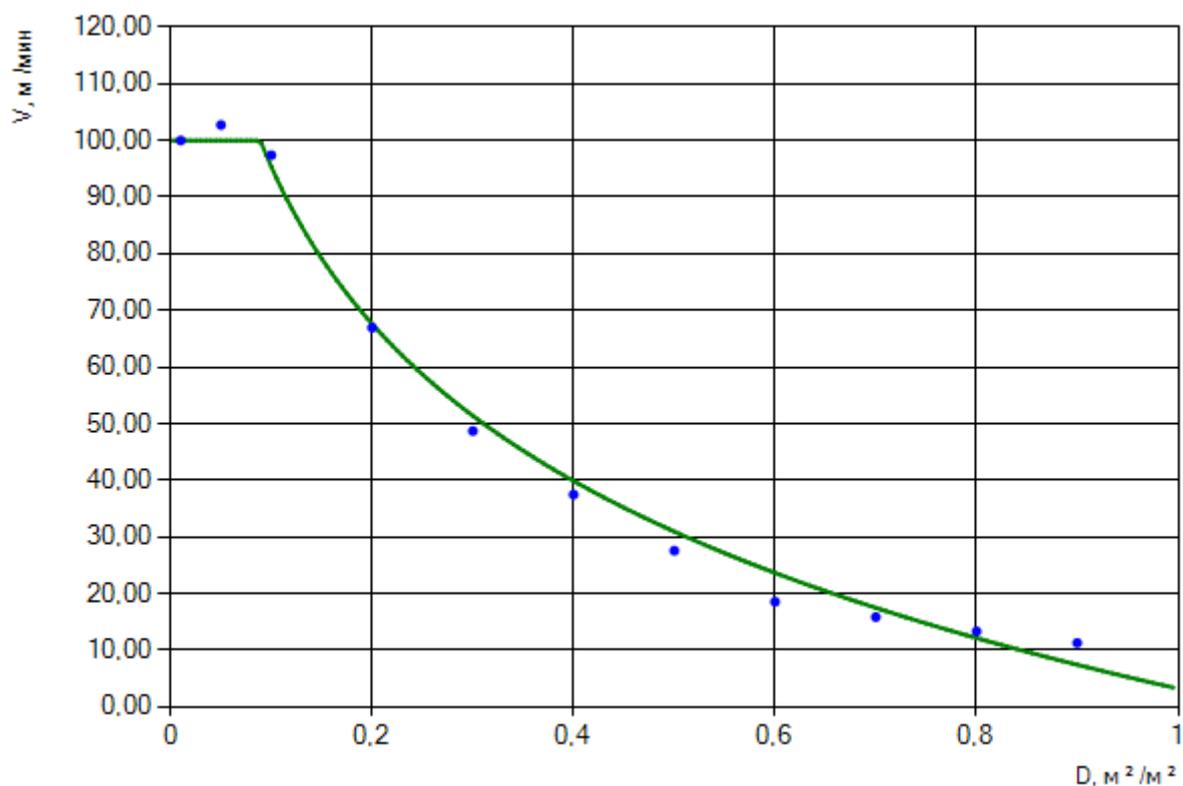


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_021.fnx](#)

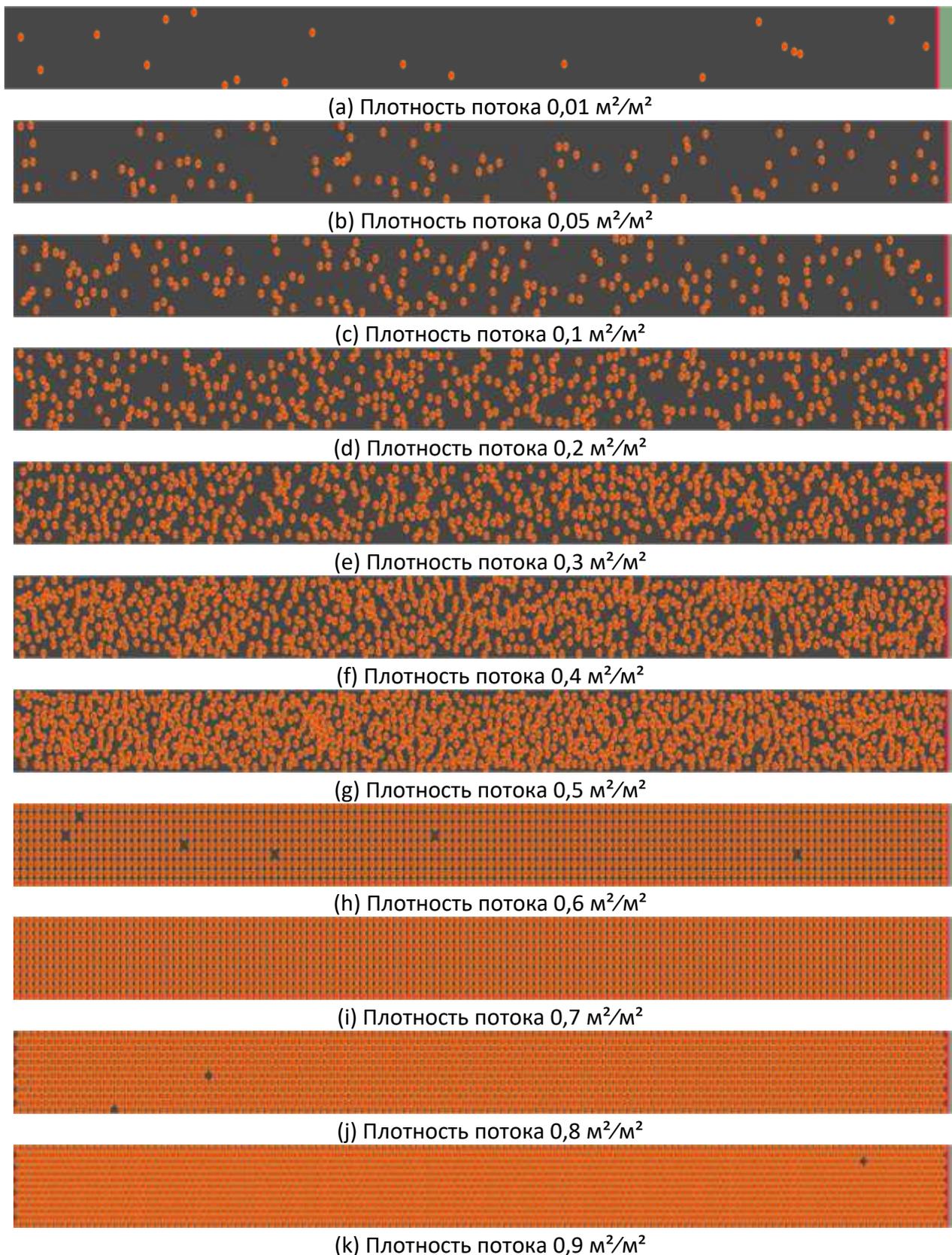


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	14,6	15	-2,7
2	0,05	100	15	15	0
3	0,1	200	15,4	15,7	-1,9
4	0,2	400	22,2	22,2	0
5	0,3	600	31	29,2	6,2
6	0,4	800	41,6	37,6	10,6
7	0,5	1000	52,8	48,4	9,1
8	0,6	1200	78,6	63,4	24
9	0,7	1400	103,8	85,7	21,1
10	0,8	1600	111,8	123,3	-9,3
11	0,9	1800	135	201,4	-33

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по лестнице вниз.

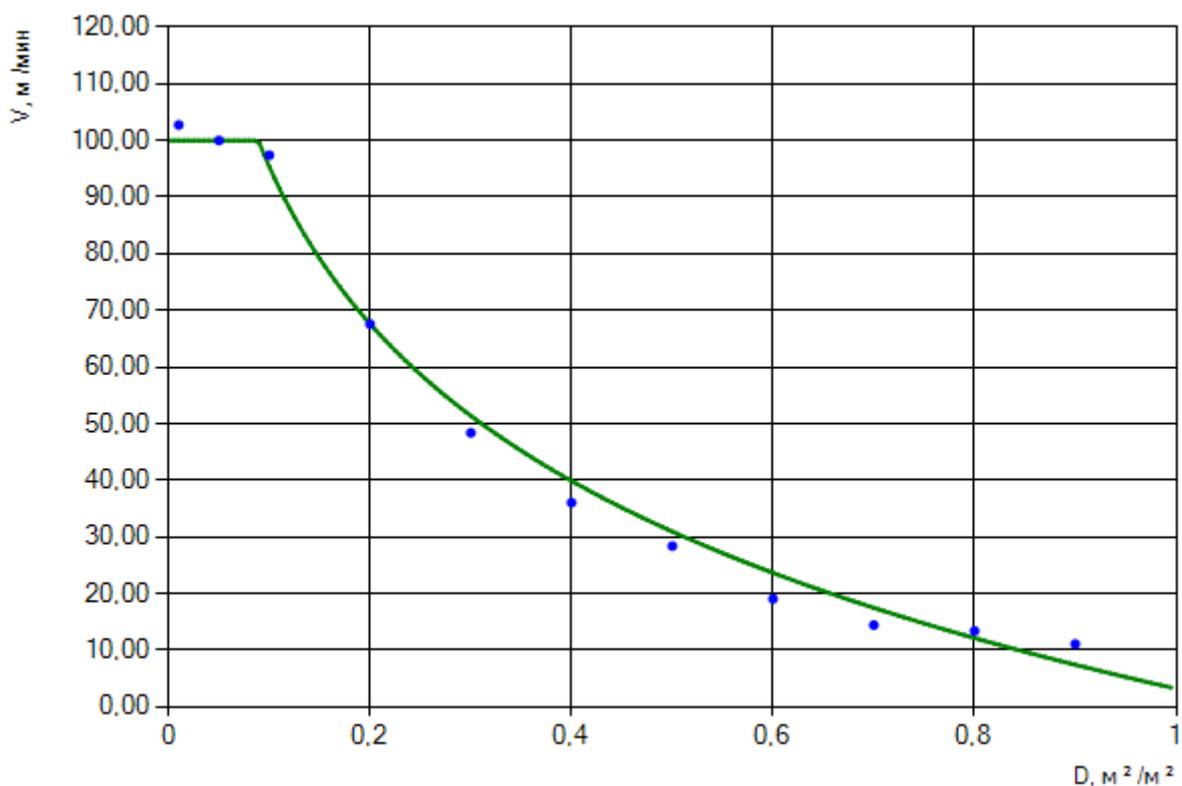


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_022.fnx](#)

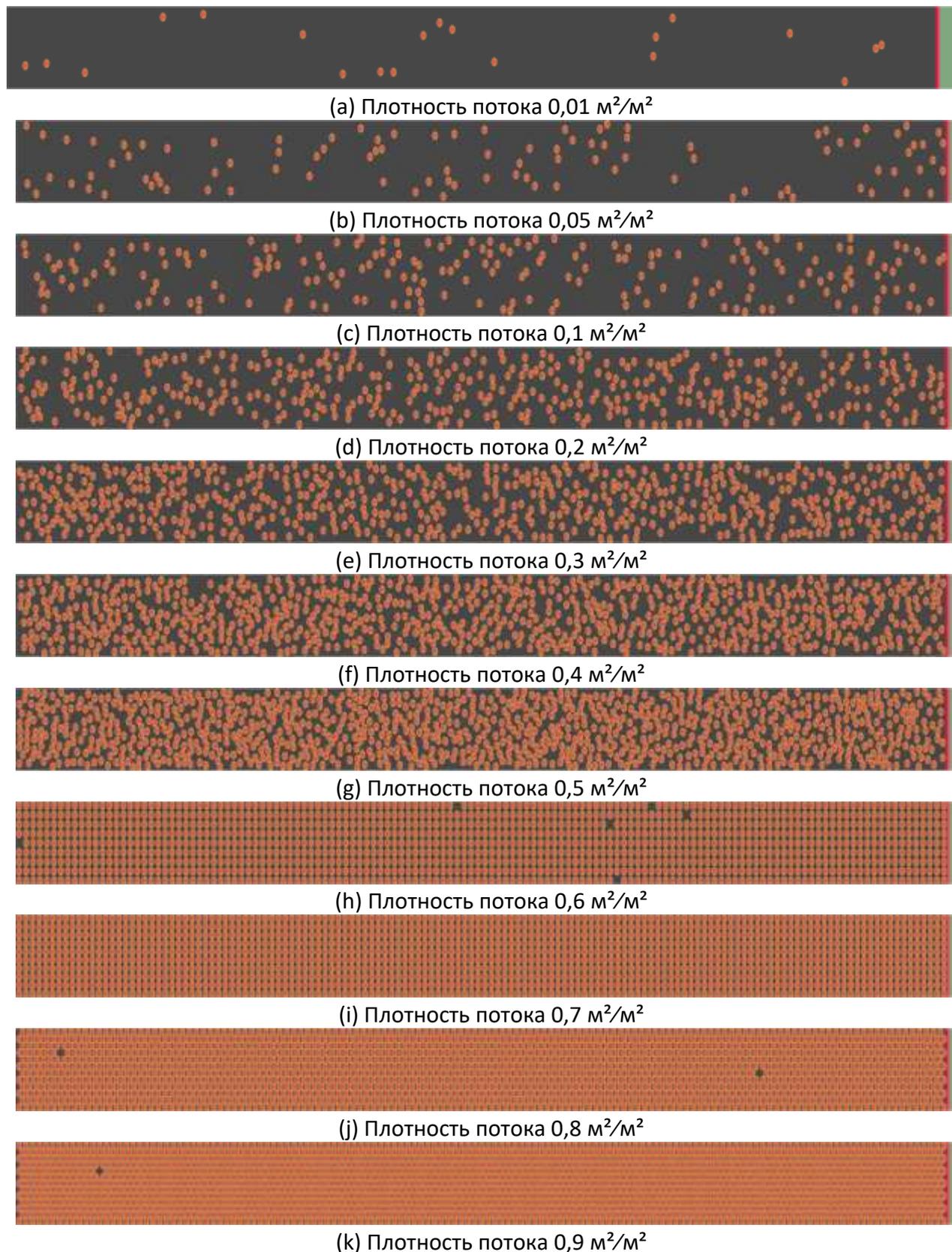


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	17,6	18,3	-3,8
2	0,05	100	18	18,3	-1,6
3	0,1	200	18,8	19	-1,1
4	0,2	400	26,6	26,1	1,9
5	0,3	600	36,2	33,5	8,1
6	0,4	800	44,4	41,8	6,2
7	0,5	1000	58,4	51,9	12,5
8	0,6	1200	79,8	64,6	23,5
9	0,7	1400	99	81,4	21,6
10	0,8	1600	114,6	105,1	9
11	0,9	1800	135,2	141,6	-4,5

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по лестнице вниз.

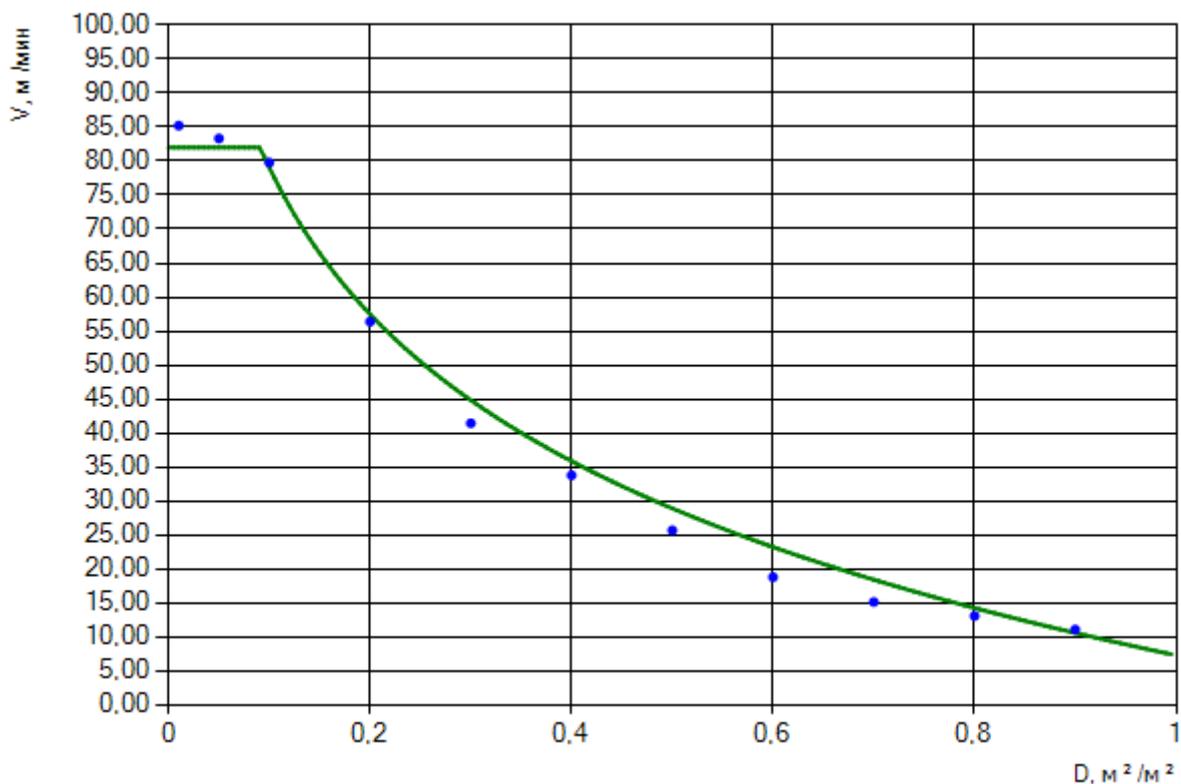


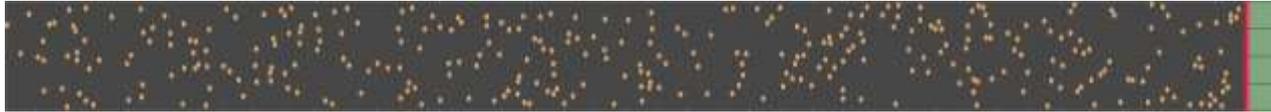
Рис. 2. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_023.fnx](#)



(a) Плотность потока 0,01 м²/м²



(b) Плотность потока 0,05 м²/м²



(c) Плотность потока 0,1 м²/м²



(d) Плотность потока 0,2 м²/м²

Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Feñix+ 3	Методика	
1	0,01	66	32	31,9	0,3
2	0,05	333	38,8	39	-0,5
3	0,1	666	49,2	46,5	5,8
4	0,2	1333	66,6	57,5	15,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по лестнице вниз.

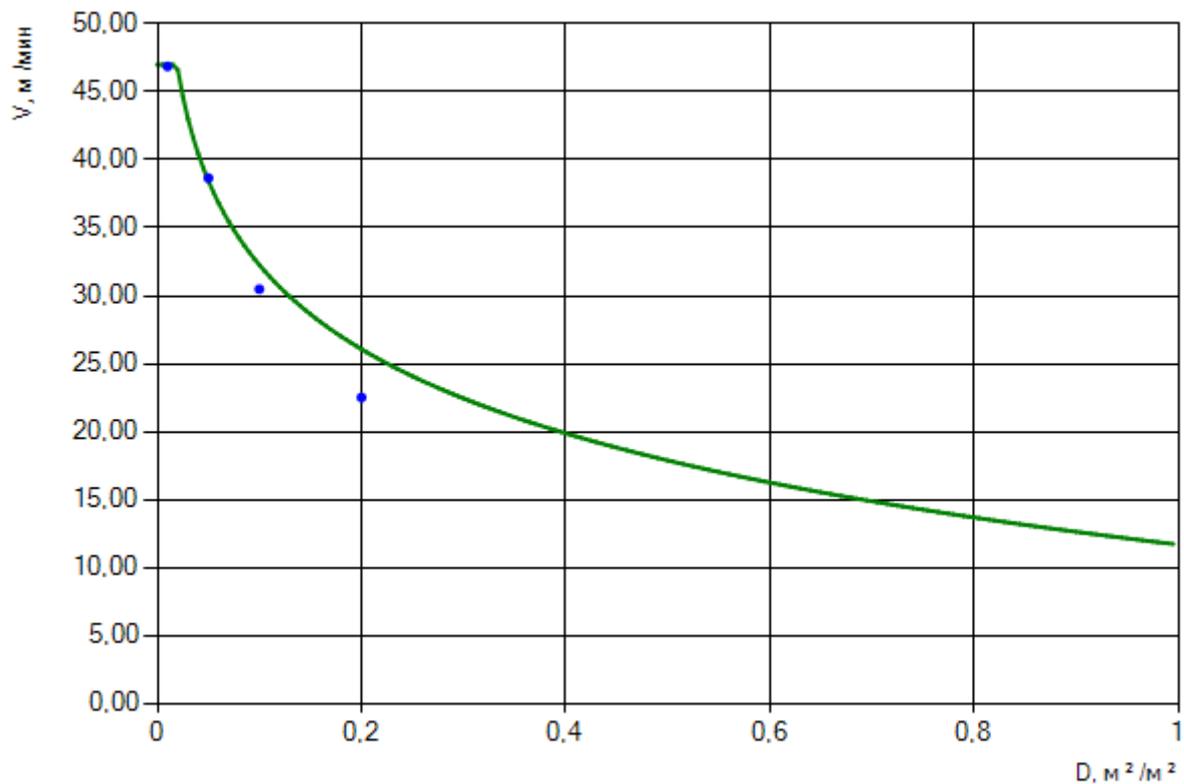


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_024.fnx](#)

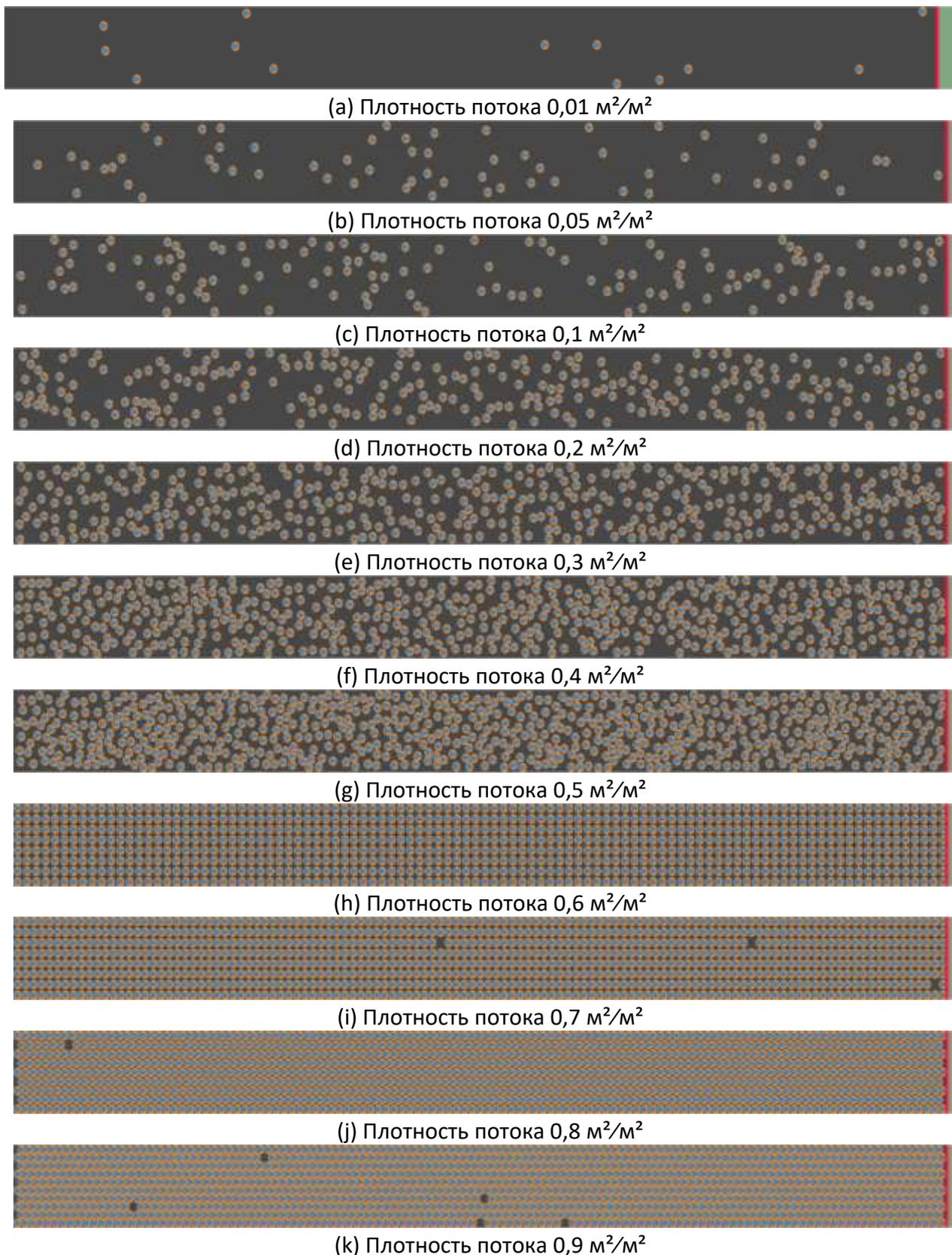


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	13	51,4	65,2	-21,2
2	0,05	66	62	65,2	-4,9
3	0,1	133	64,4	66	-2,4
4	0,2	266	81,4	77,4	5,2
5	0,3	400	88	86,1	2,2
6	0,4	533	95,4	93,6	1,9
7	0,5	666	101,4	100,3	1,1
8	0,6	800	109,2	106,6	2,4
9	0,7	933	117,2	112,5	4,2
10	0,8	1066	117,6	118,3	-0,6
11	0,9	1200	122,8	123,8	-0,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по лестнице вниз.

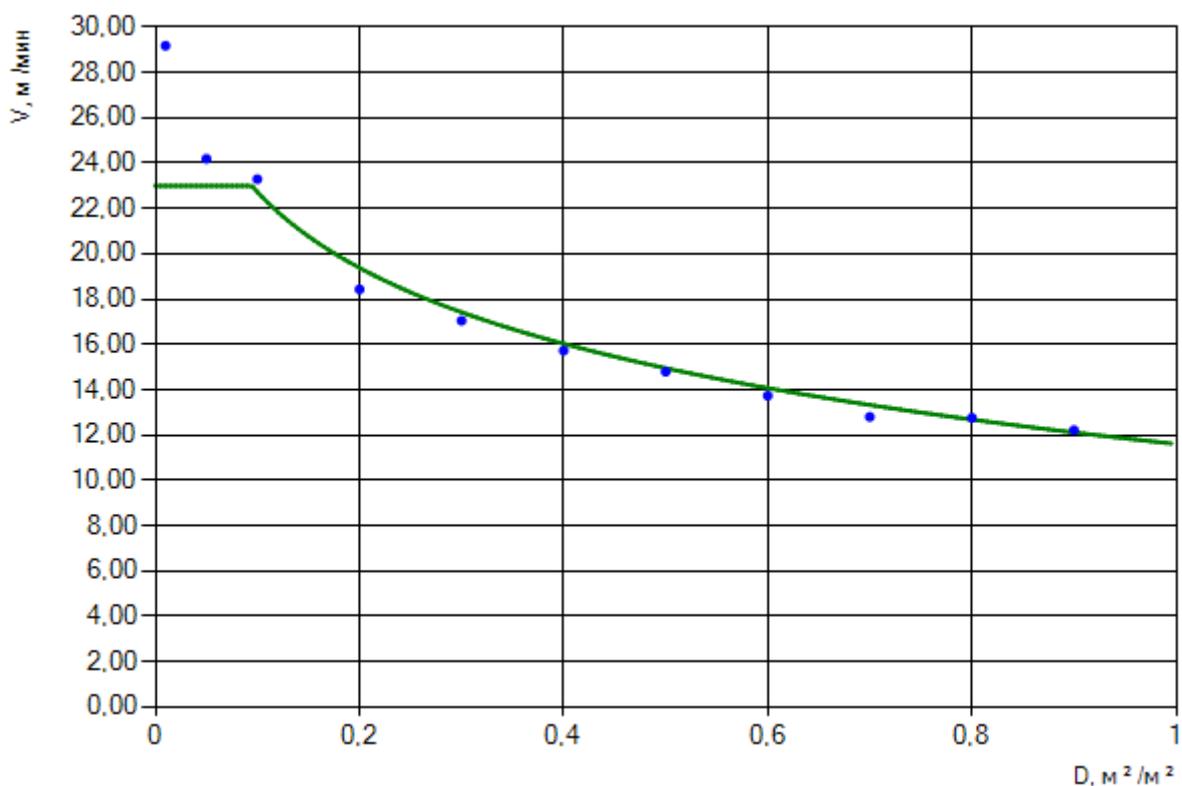


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_025.fnx](#)

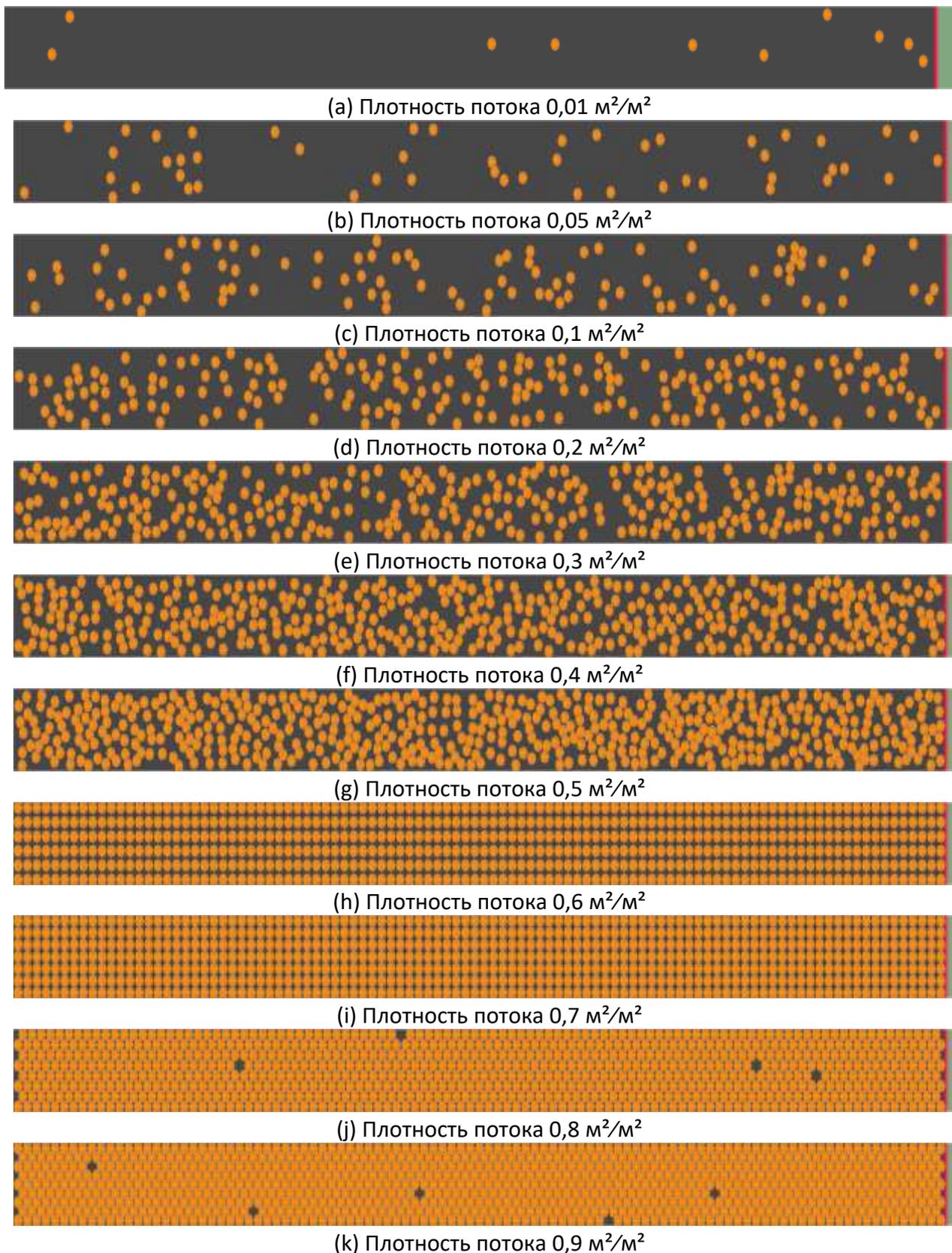


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	56,2	62,5	-10,1
2	0,05	50	61,2	62,5	-2,1
3	0,1	100	60,2	62,5	-3,7
4	0,2	200	63,6	63,6	0
5	0,3	300	77,8	77	1
6	0,4	400	87,4	90,5	-3,4
7	0,5	500	101,4	104,8	-3,2
8	0,6	600	120,8	120,4	0,3
9	0,7	700	133,4	137,6	-3,1
10	0,8	800	156,4	157,1	-0,4
11	0,9	900	174,8	179,6	-2,7

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по лестнице вниз.

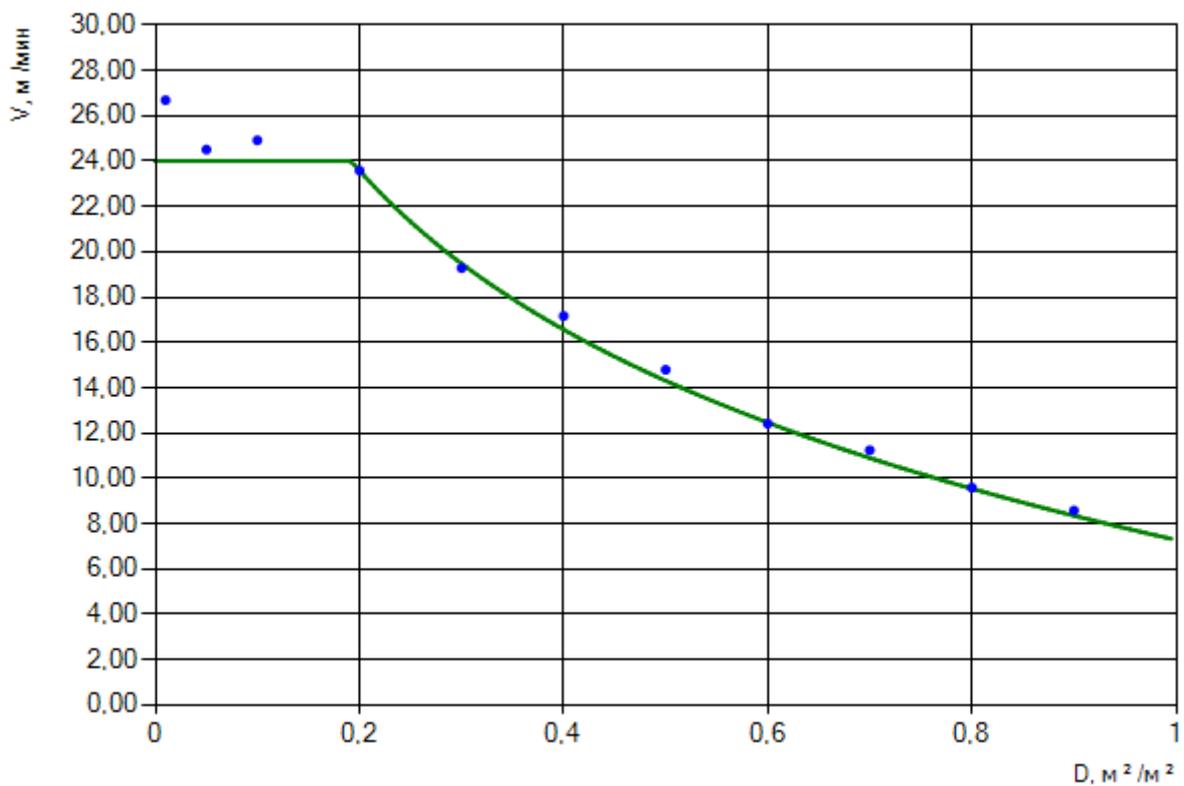


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_026.fnx](#)

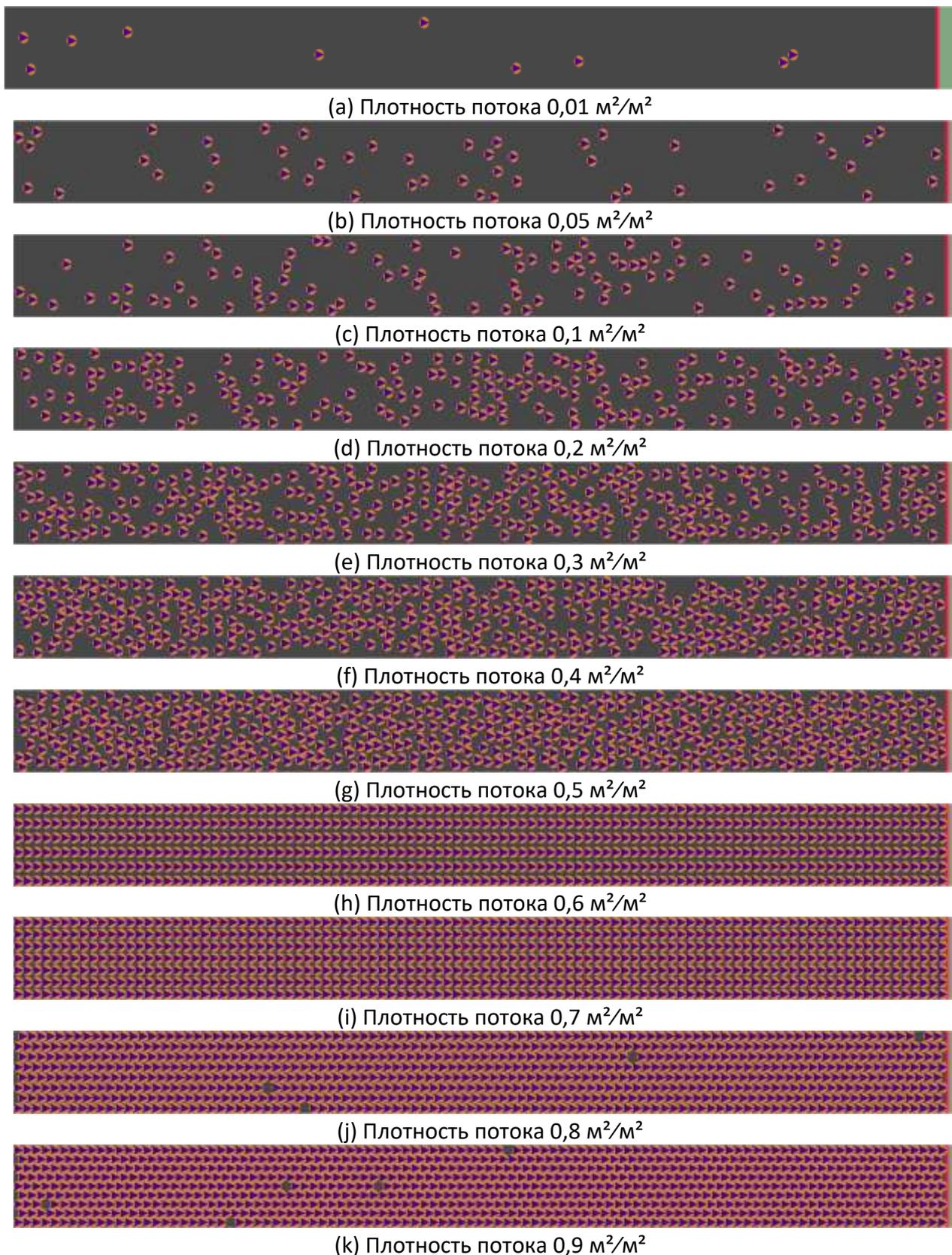


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	72	75	-4
2	0,05	50	74,2	75	-1,1
3	0,1	100	74	75	-1,3
4	0,2	200	73,8	75	-1,6
5	0,3	300	74,8	82,2	-9
6	0,4	400	88	97,8	-10
7	0,5	500	103	114,7	-10,2
8	0,6	600	128,6	133,5	-3,7
9	0,7	700	140,4	154,9	-9,4
10	0,8	800	154,4	180	-14,2
11	0,9	900	168,2	210	-19,9

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по лестнице вниз.

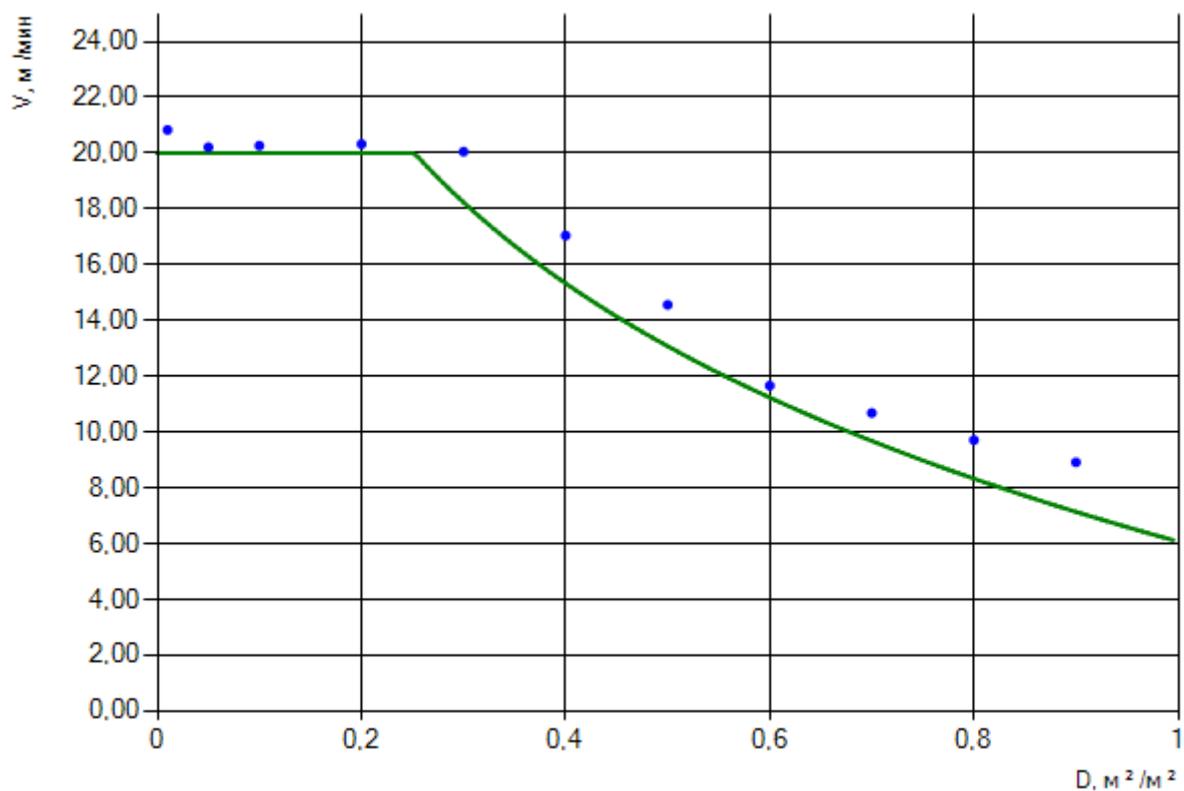


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по лестнице вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_027.fnx](#)

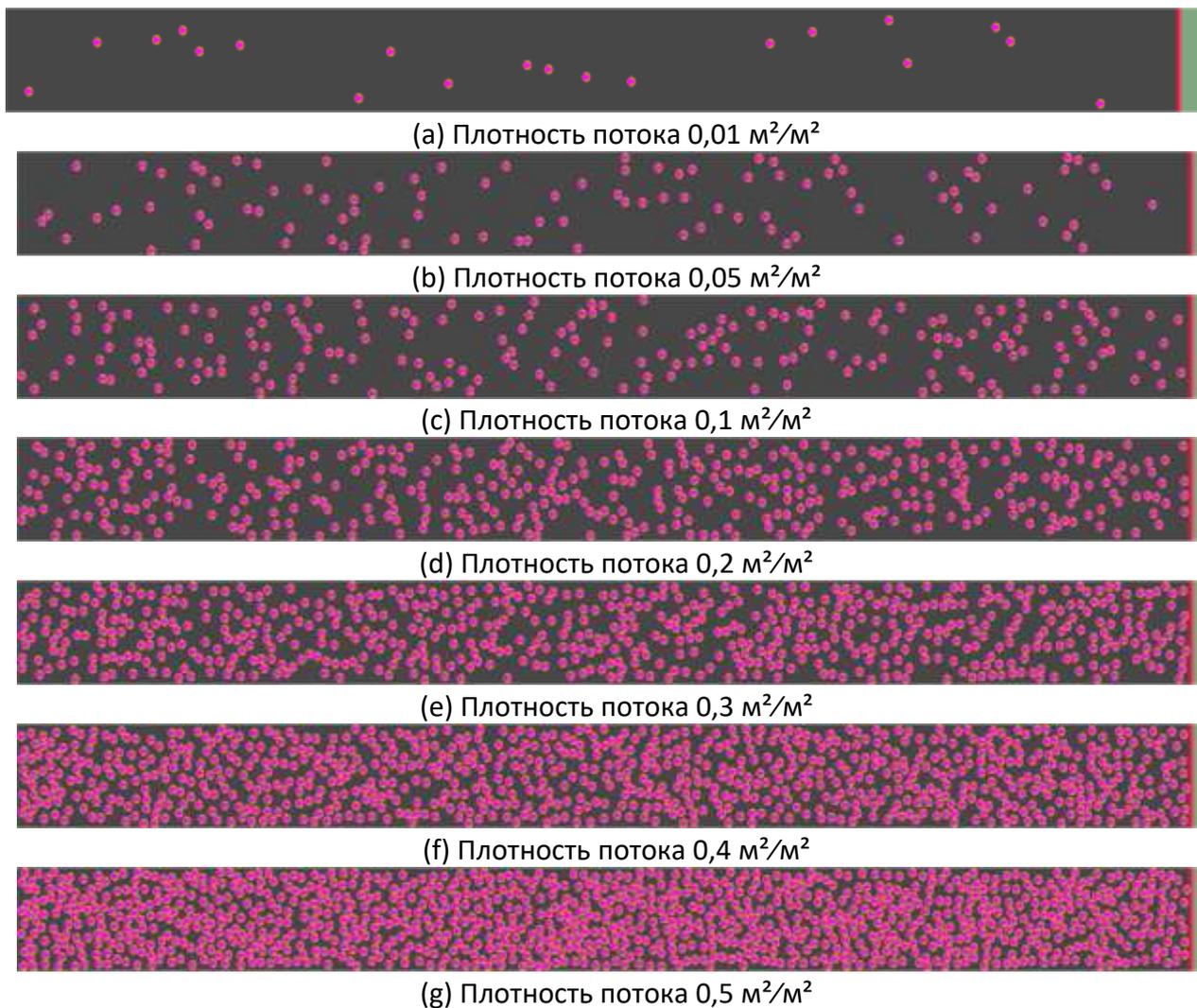


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по лестнице вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	68,6	71,4	-3,9
2	0,05	100	69,2	71,4	-3,1
3	0,1	200	71	72,6	-2,2
4	0,2	400	108,2	114,4	-5,4
5	0,3	600	174,8	172,5	1,3
6	0,4	800	270	269,8	0,1
7	0,5	1000	380	479,7	-20,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по лестнице вниз.

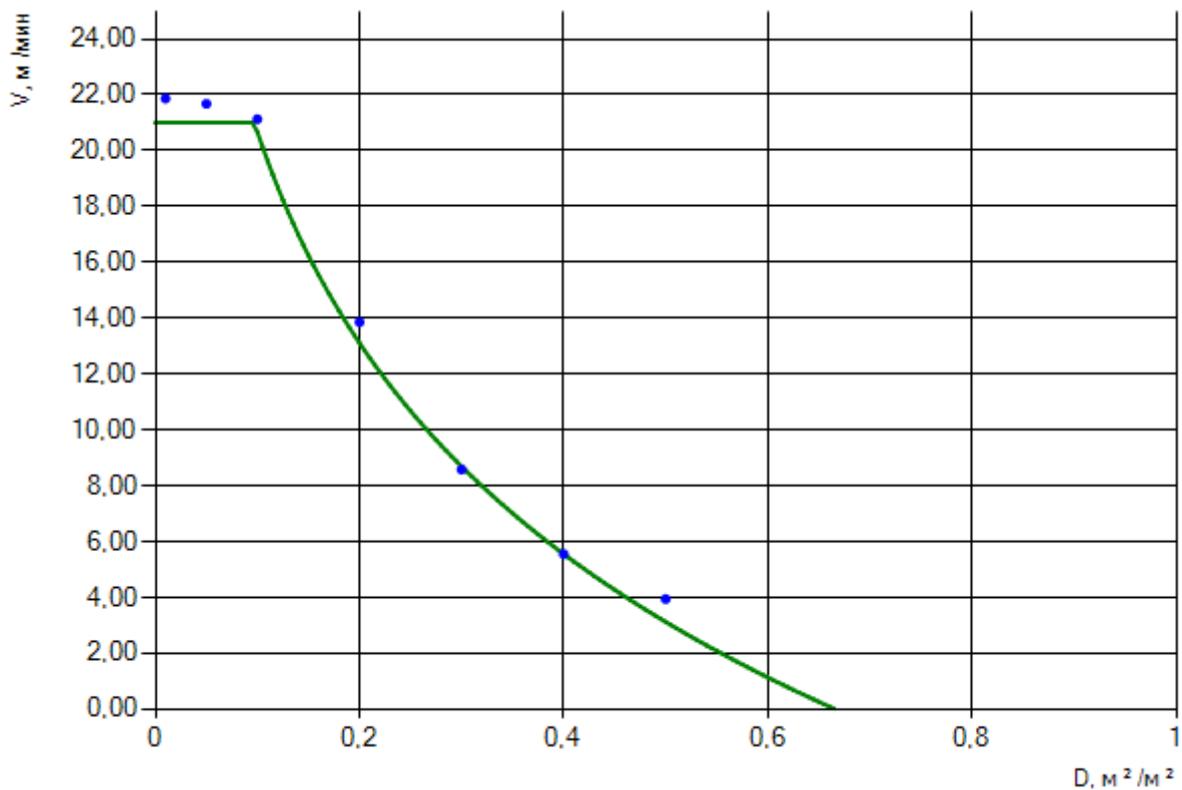


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по лестнице вниз.

Скорость движения людей по лестнице вниз при моделировании с помощью программы Fenix+ 3 хорошо соответствует зависимостям, представленным в методике.

Анализ результатов моделирования показывает, что наибольшие отклонения наблюдаются для двух интервалов плотностей:

1. При низкой плотности (до $0,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$)
2. При высокой плотности (свыше $0,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$) для некоторых контингентов людей

В обоих случаях (например, см. тест Test_019) средняя скорость движения потока (определяемая как отношение половины длины лестницы ко времени прохождения середины лестницы последним человеком) оказывается выше предсказываемой формулой (4).

Но причина этого отличия различна.

В первом случае (при низкой плотности) последний человек, который пересекает середину лестницы, проходит не половину длины лестницы, а меньшее расстояние, так как расположен на некотором удалении от края лестницы.

Во втором случае отличие объясняется *растеканием потока*. Головная часть потока, расположенная ближе к выходу, имеет плотность свободного движения. Поэтому, с течением времени плотность потока будет выравниваться и стремиться к плотности свободного движения.

Для некоторых контингентов людей растекание происходит относительно быстро и, поэтому, допущение, что плотность потока в левой части лестницы не меняется и остается равной начальной плотности размещения людей становится неверным. В результате последний человек, перед тем как пройти середину лестницы, в течение некоторого времени находится в потоке, плотность которого ниже начального значения. Соответственно, и скорость его движения выше и время, необходимое, чтобы дойти до середины лестницы меньше, чем если бы он двигался в потоке с начальной плотностью.

1.3. Движение по лестнице вверх

Описание группы тестов

Методика [1] не содержит информацию о зависимости скорости движения людей по лестницам различного угла наклона. Считаем, что по любым лестницам люди движутся со скоростью, определяемой выражением (1) и таблицей 1.

Сценарий представляет собой лестницу шириной 4 м, высотой 30 м и длиной в проекции равной 40 м. Таким образом, длина лестницы составляет 50 м (так как скорость движения не зависит от угла наклона лестницы, указанные параметры выбраны лишь для упрощения вычислений).

На верхнем уровне лестницы расположен выход и регистратор.

На лестнице находится такое количество людей, чтобы обеспечить необходимую плотность размещения. Время начала движения всех людей равно нулю.

Время прохождения последнего человека через середину лестницы, рассчитанное с помощью программы Fenix+ 3, сравнивается со временем, определенным по формуле:

$$t = \frac{0,5L}{V(D)} \quad (6)$$

где L - длина лестницы, а V - скорость, определенная по формуле (1).

Плотность потока определяется по формуле:

$$D = \frac{Nf}{S} \quad (7)$$

где N - количество людей на лестнице, S - площадь лестницы, а f - площадь горизонтальной проекции человека.

Были разработаны проекты для каждого контингента людей (кроме контингента М4 – инвалиды, передвигающиеся на колясках). Каждый проект состоит из нескольких сценариев (каждый сценарий соответствует определенной плотности потока).

Ожидаемые результаты

Время прохождения последнего человека через середину лестницы совпадает со временем, рассчитанным по формуле (6). Получение этого результата означает, что скорость движения людей по лестнице вверх в программе Fenix+ 3 соответствует скорости, определяемой методикой.

Результаты моделирования

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_028.fnx](#)

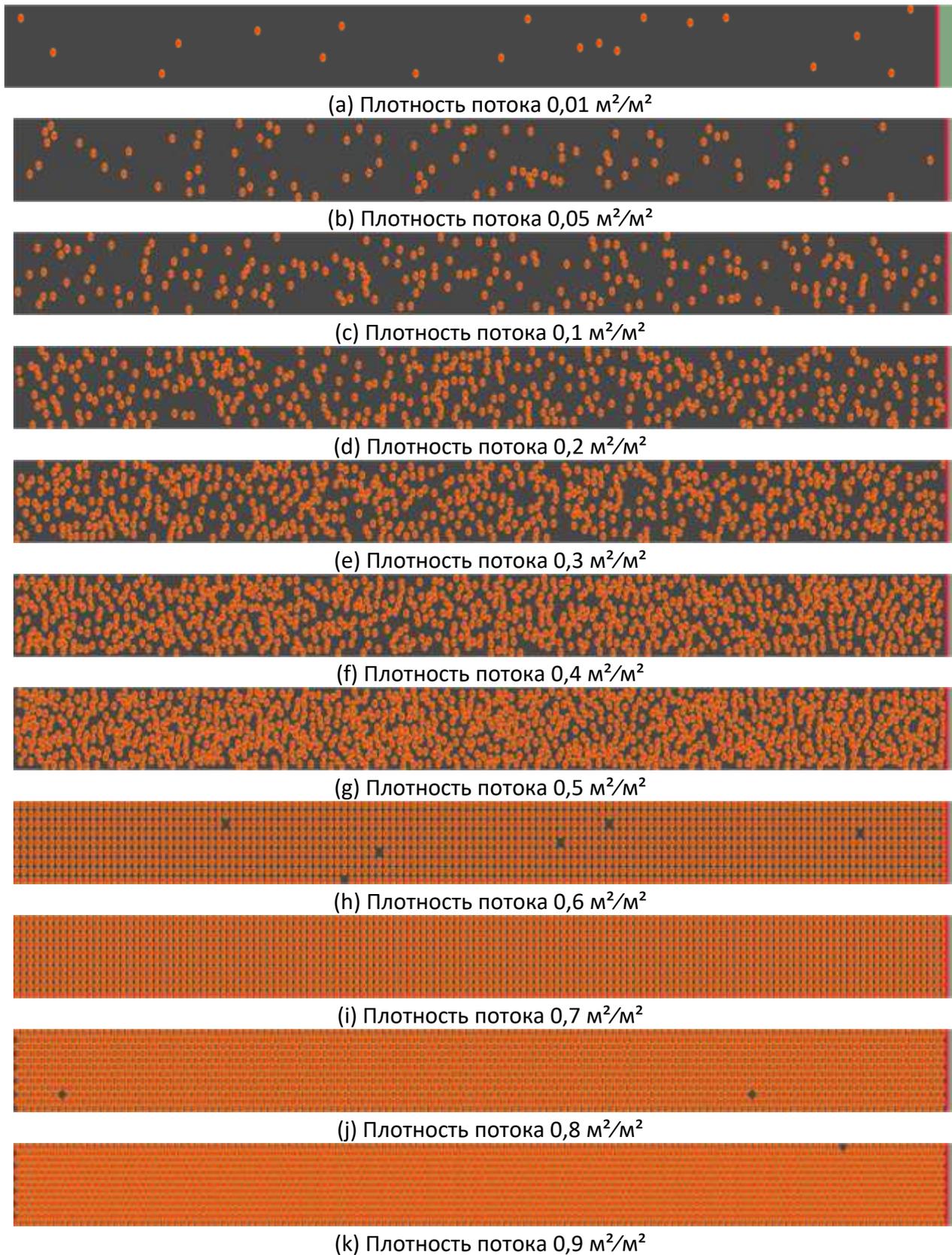


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М1" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	24,2	25	-3,2
2	0,05	100	25	25	0
3	0,1	200	26,8	28,5	-6
4	0,2	400	38,8	37,5	3,5
5	0,3	600	51	46,1	10,6
6	0,4	800	60,8	54,9	10,7
7	0,5	1000	70	64,6	8,4
8	0,6	1200	89,8	75,4	19,1
9	0,7	1400	104,8	87,9	19,2
10	0,8	1600	117,2	102,6	14,2
11	0,9	1800	119,6	120,4	-0,7

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М1" по лестнице вверх.

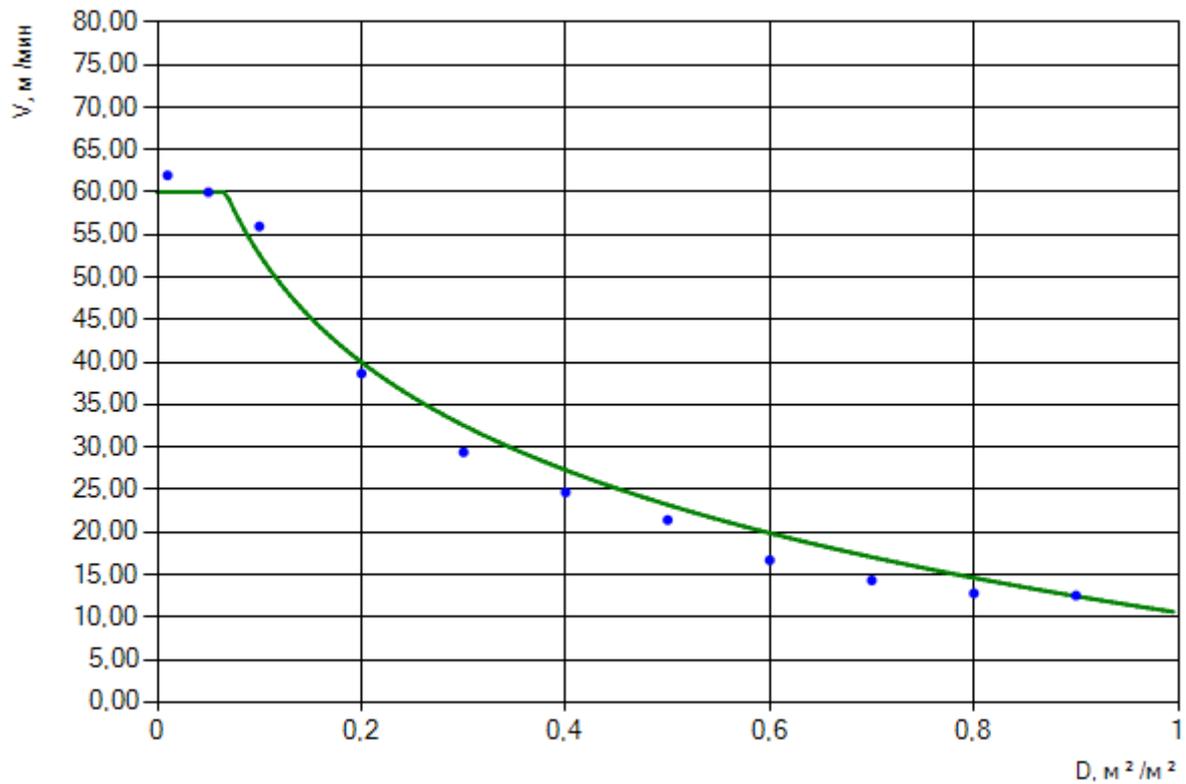


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М1" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_029.fnx](#)

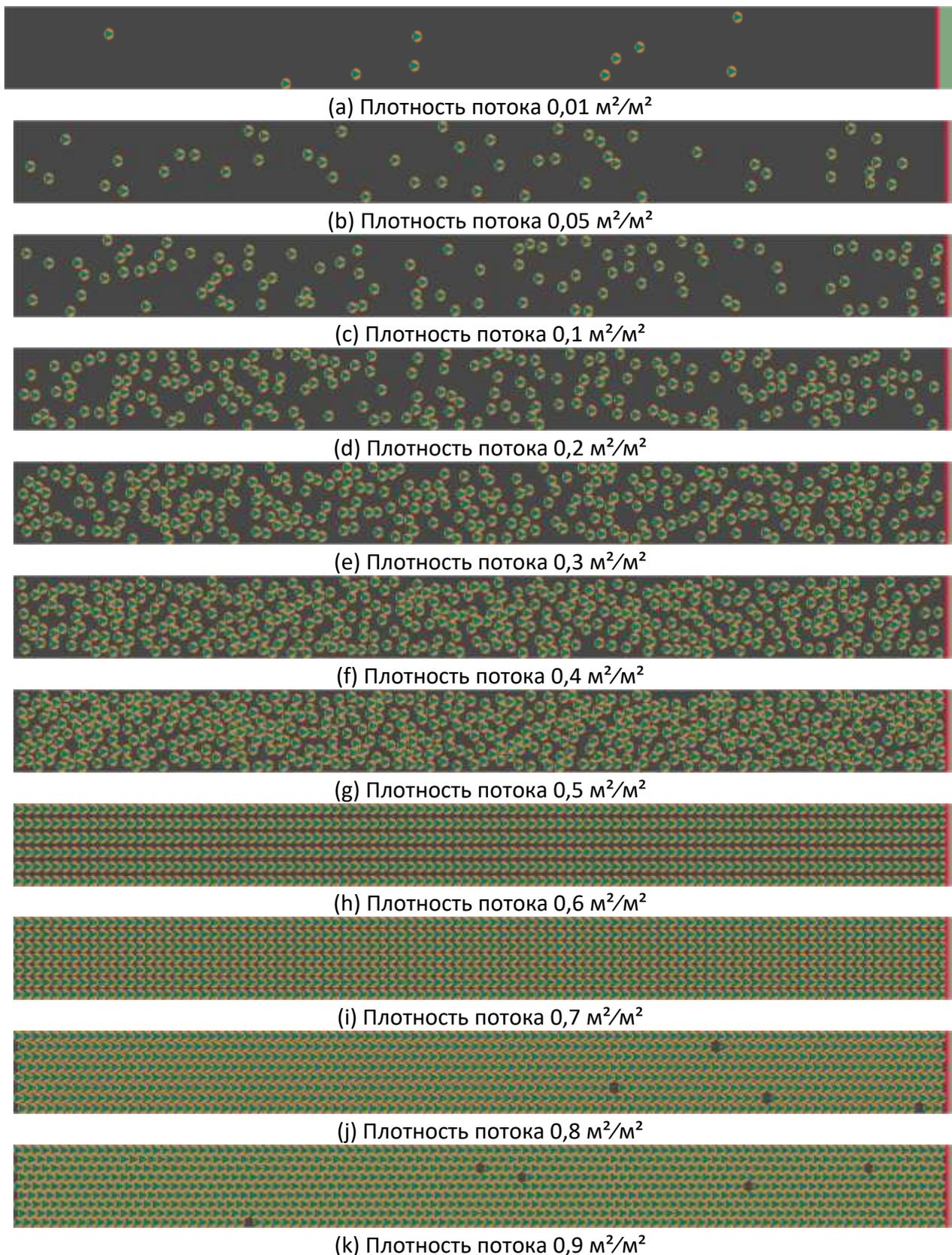


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М2" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	58,4	75	-22,1
2	0,05	50	72,4	75	-3,5
3	0,1	100	73	75	-2,7
4	0,2	200	87,2	89,4	-2,5
5	0,3	300	105,8	107,4	-1,5
6	0,4	400	128,8	125,4	2,7
7	0,5	500	147,8	144,1	2,6
8	0,6	600	186,6	164,2	13,6
9	0,7	700	191,8	186	3,1
10	0,8	800	204	210,2	-2,9
11	0,9	900	219	237,5	-7,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М2" по лестнице вверх.

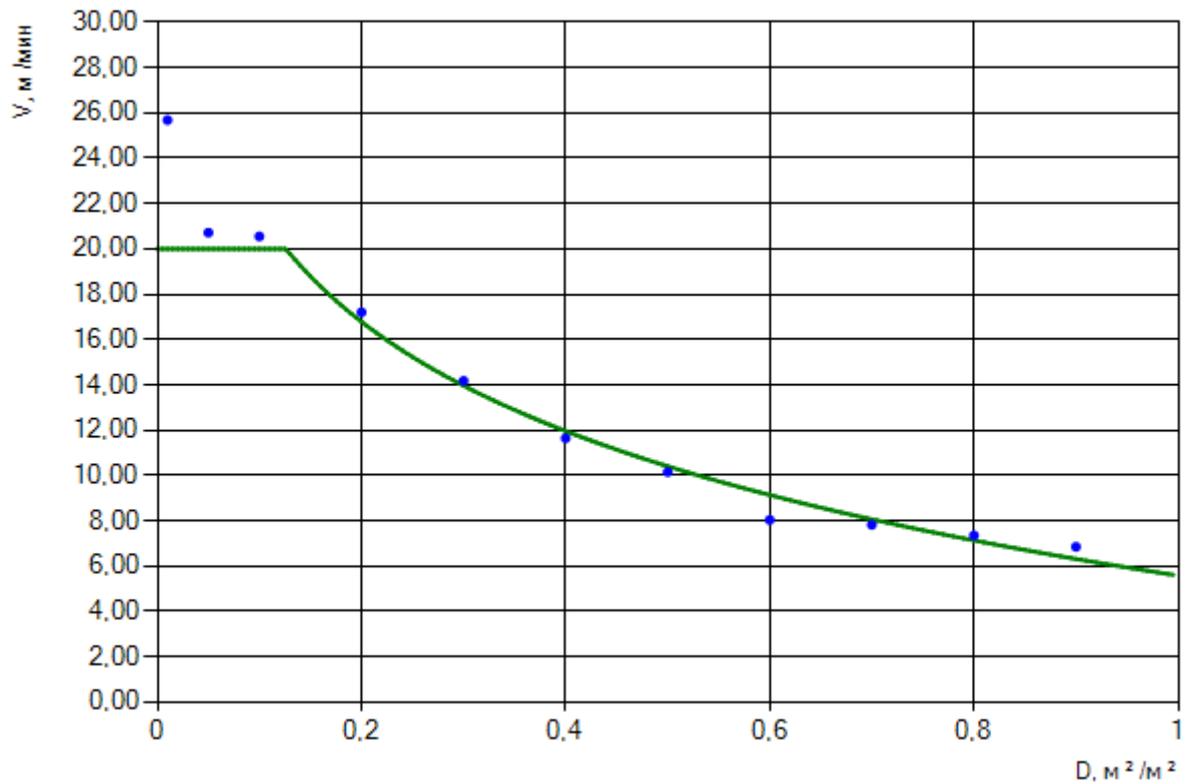


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М2" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_030.fnx](#)

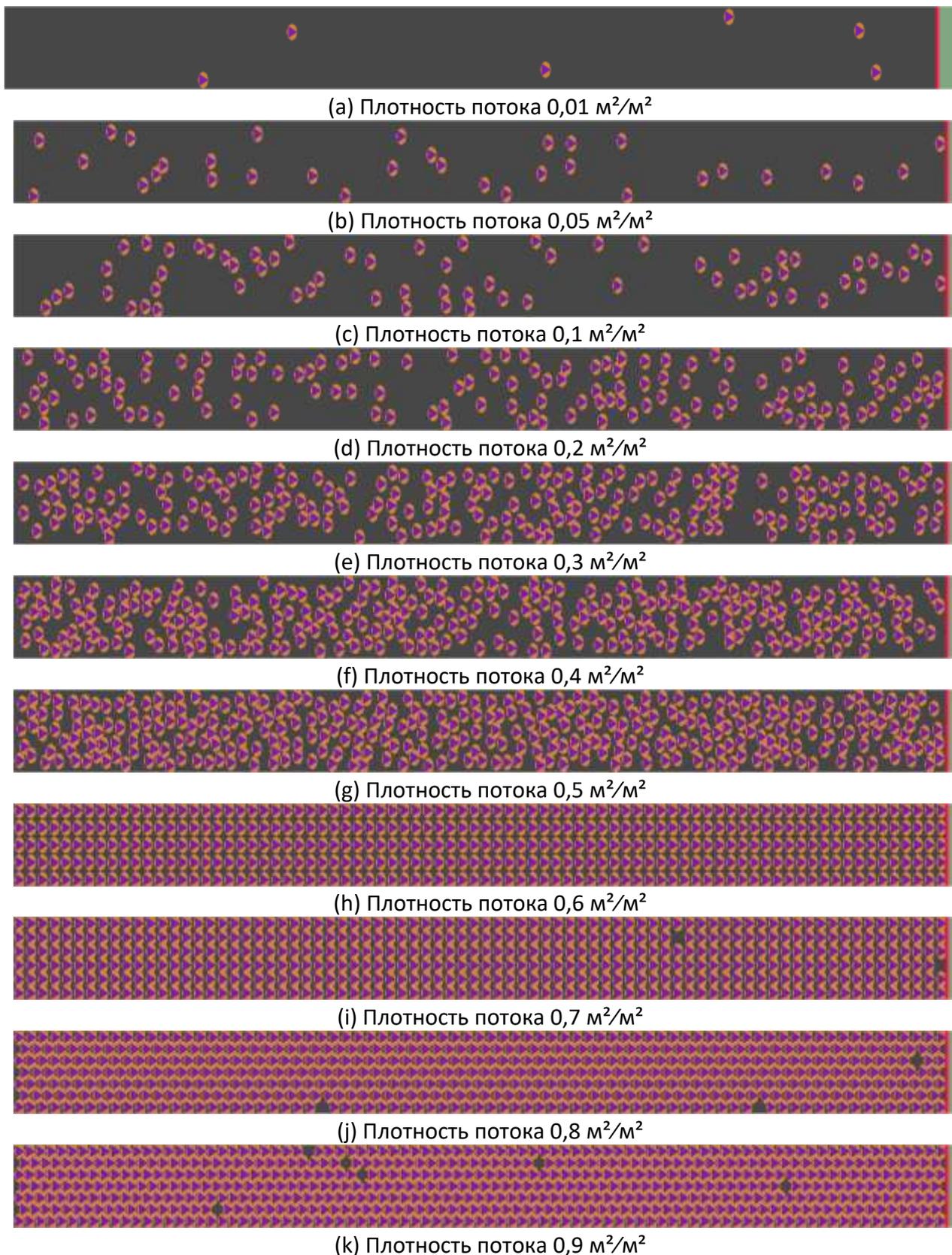


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М3" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	6	34,6	60	-42,3
2	0,05	33	57,6	60	-4
3	0,1	66	57,8	60	-3,7
4	0,2	133	68	72,9	-6,7
5	0,3	200	88	88	0
6	0,4	266	111,4	103,1	8,1
7	0,5	333	127,6	118,9	7,3
8	0,6	400	151	135,9	11,1
9	0,7	466	163,2	154,6	5,6
10	0,8	533	186	175,6	5,9
11	0,9	600	197	199,4	-1,2

Табл. 1. Движение потока людей контингента "МЗ" по лестнице вверх.

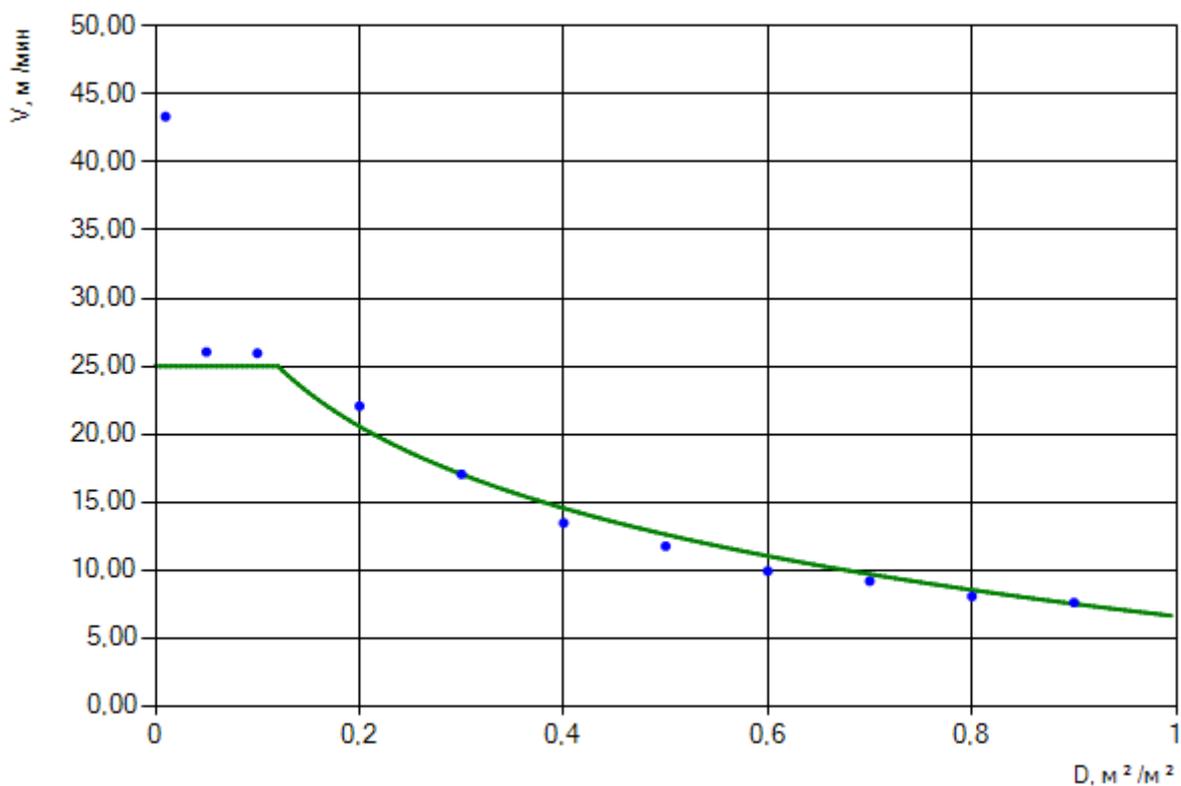


Рис. 2. Движение потока людей контингента "МЗ" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_031.fnx](#)

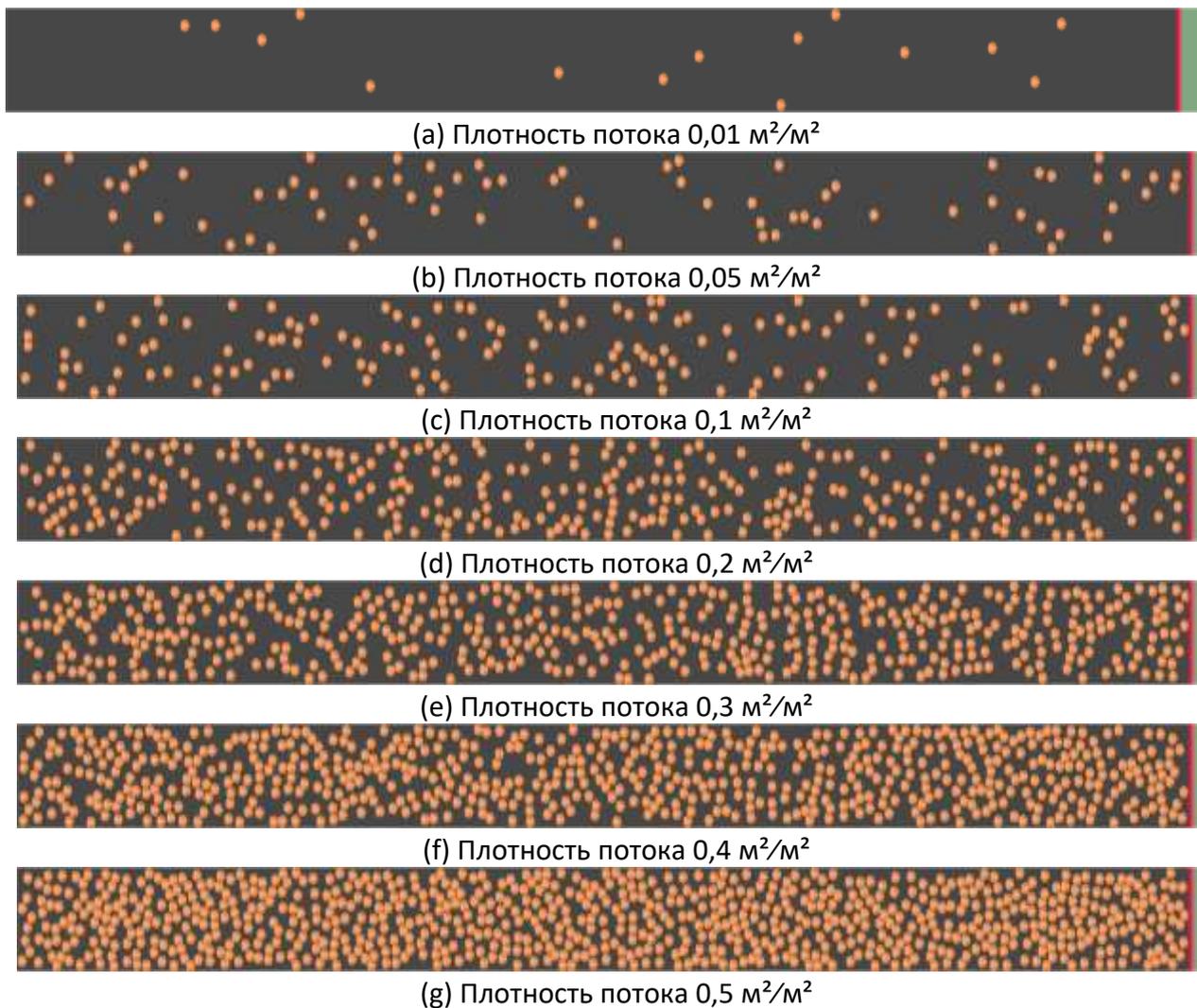


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	15	41,8	60	-30,3
2	0,05	76	58,8	60	-2
3	0,1	153	59,2	60	-1,3
4	0,2	307	59,4	60	-1
5	0,3	461	59,4	60	-1
6	0,4	615	59,4	60	-1
7	0,5	769	59,6	60	-0,7

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по лестнице вверх.

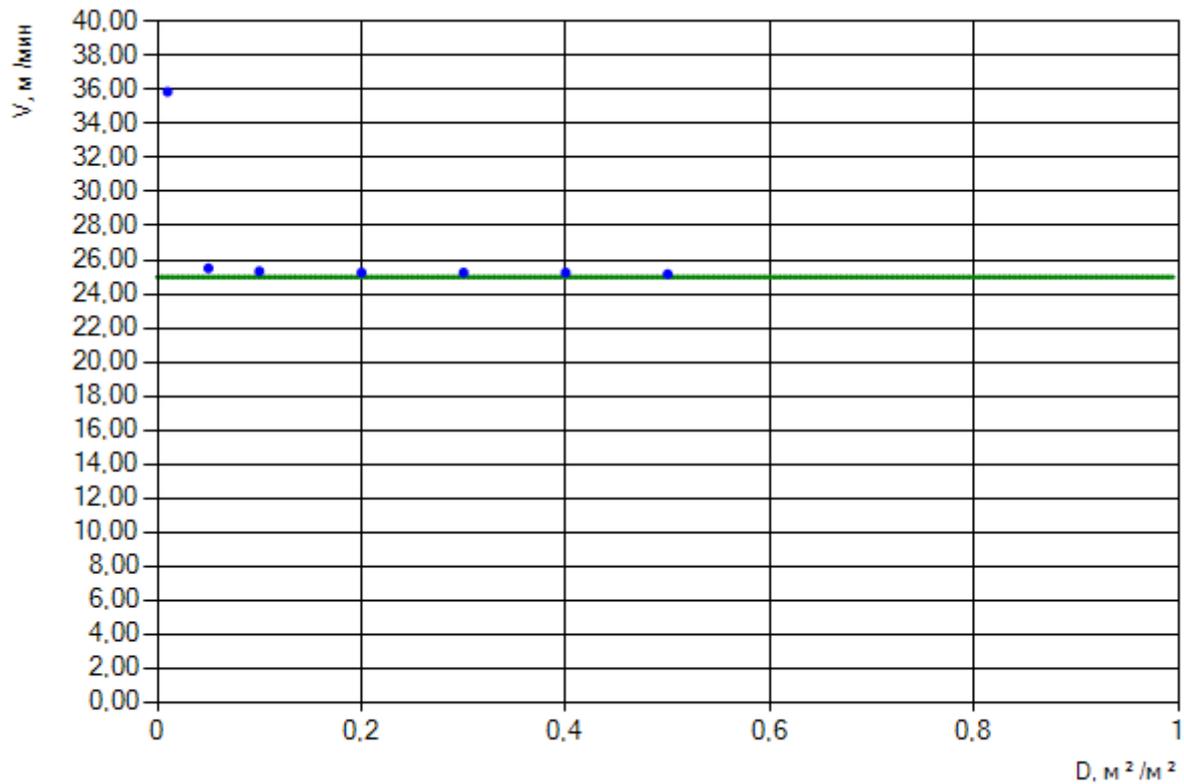


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_032.fnx](#)

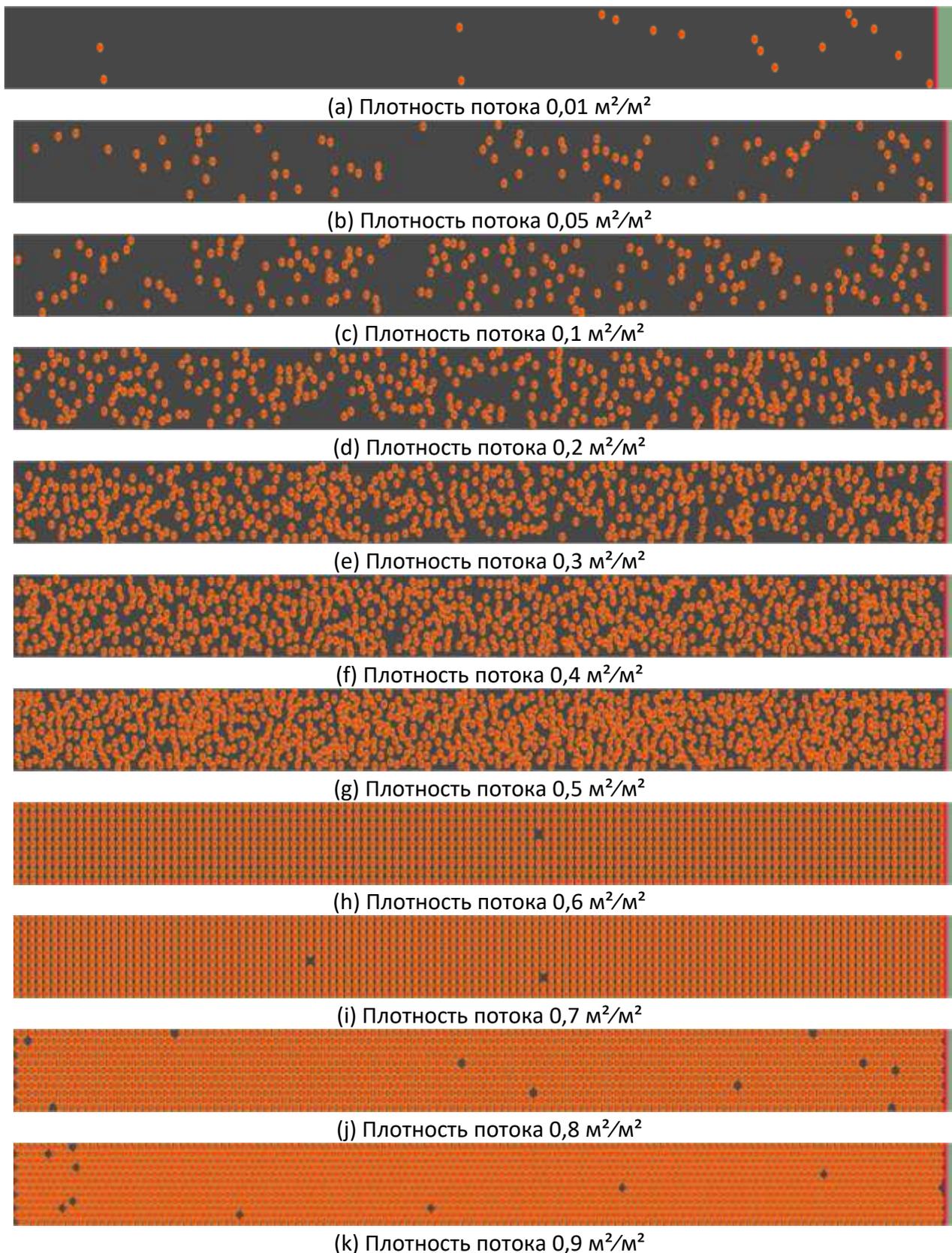


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	17	20	25	-20
2	0,05	88	24	25	-4
3	0,1	176	25,8	28,5	-9,5
4	0,2	353	37,6	37,5	0,3
5	0,3	530	50,2	46,1	8,9
6	0,4	707	59,2	54,9	7,8
7	0,5	884	71,8	64,6	11,1
8	0,6	1061	85,4	75,4	13,3
9	0,7	1238	102,2	87,9	16,3
10	0,8	1415	116,8	102,6	13,8
11	0,9	1592	119,6	120,3	-0,6

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по лестнице вверх.

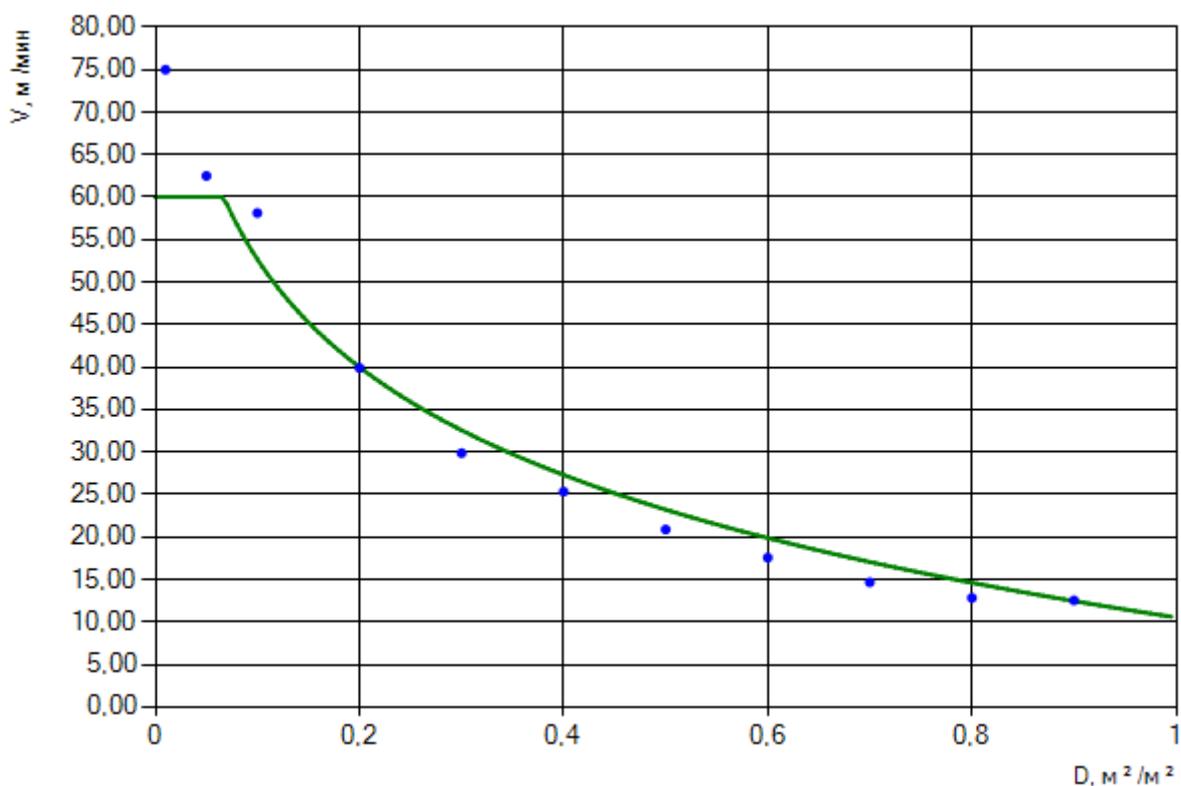


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_033.fnx](#)

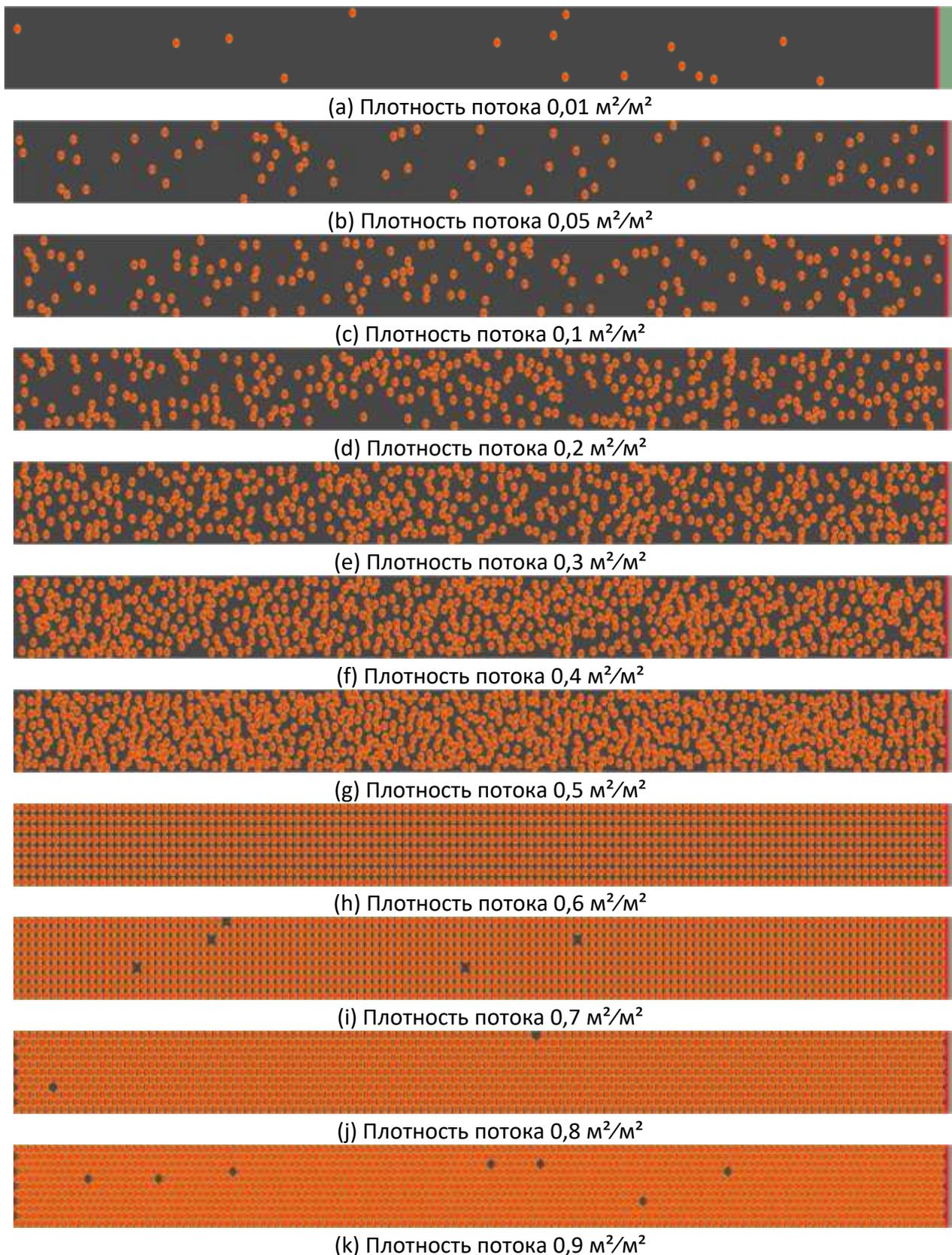


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	16	24,4	25	-2,4
2	0,05	80	25	25	0
3	0,1	160	26,8	28,5	-6
4	0,2	320	38,4	37,5	2,4
5	0,3	480	48,2	46,1	4,6
6	0,4	640	59,6	54,9	8,6
7	0,5	800	71,8	64,6	11,1
8	0,6	960	90	75,4	19,4
9	0,7	1120	104,8	87,9	19,2
10	0,8	1280	117	102,6	14
11	0,9	1440	119,6	120,4	-0,7

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по лестнице вверх.

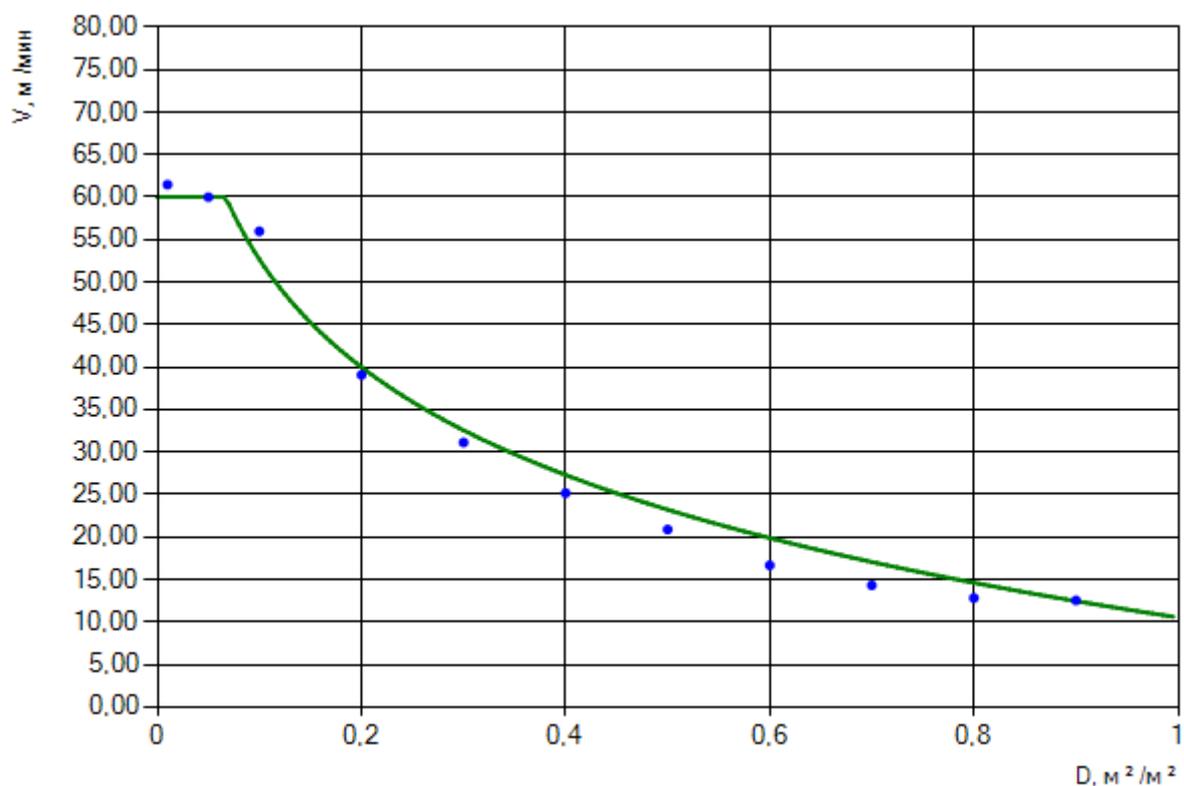


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_034.fnx](#)

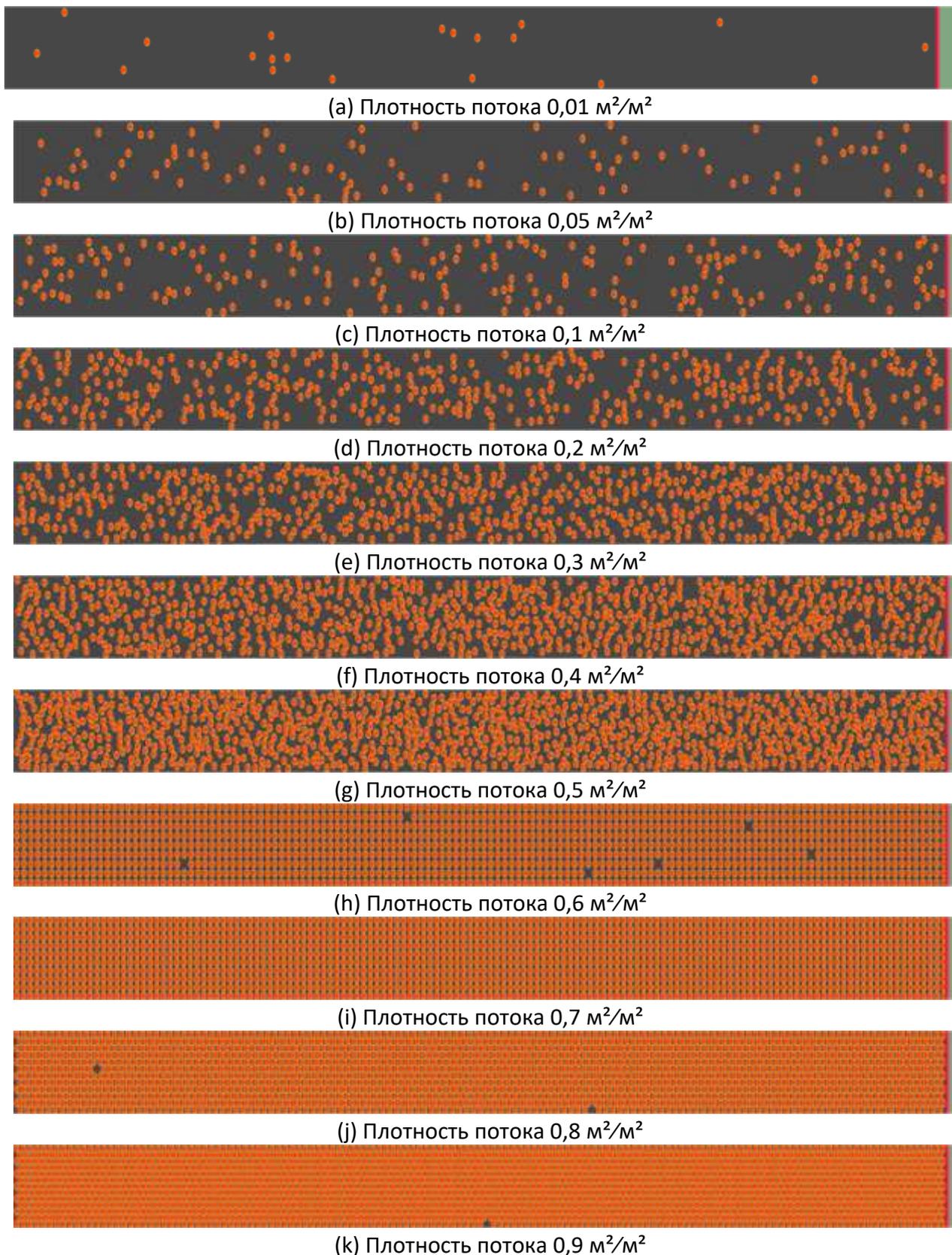


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	23,4	25	-6,4
2	0,05	100	25	25	0
3	0,1	200	28,4	28,5	-0,4
4	0,2	400	41,2	37,5	9,9
5	0,3	600	48,2	46,1	4,6
6	0,4	800	60,4	54,9	10
7	0,5	1000	71,8	64,6	11,1
8	0,6	1200	89,4	75,4	18,6
9	0,7	1400	104,8	87,9	19,2
10	0,8	1600	117,2	102,6	14,2
11	0,9	1800	119,6	120,4	-0,7

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по лестнице вверх.

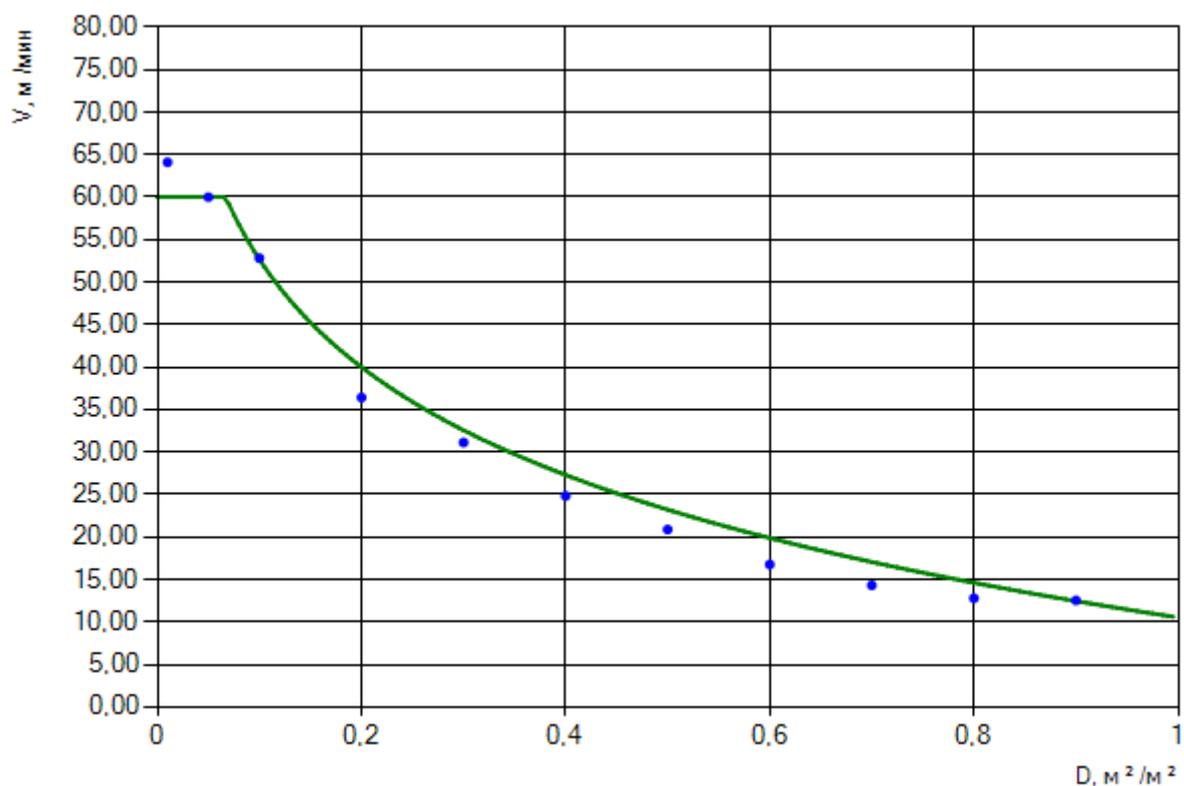


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_035.fnx](#)

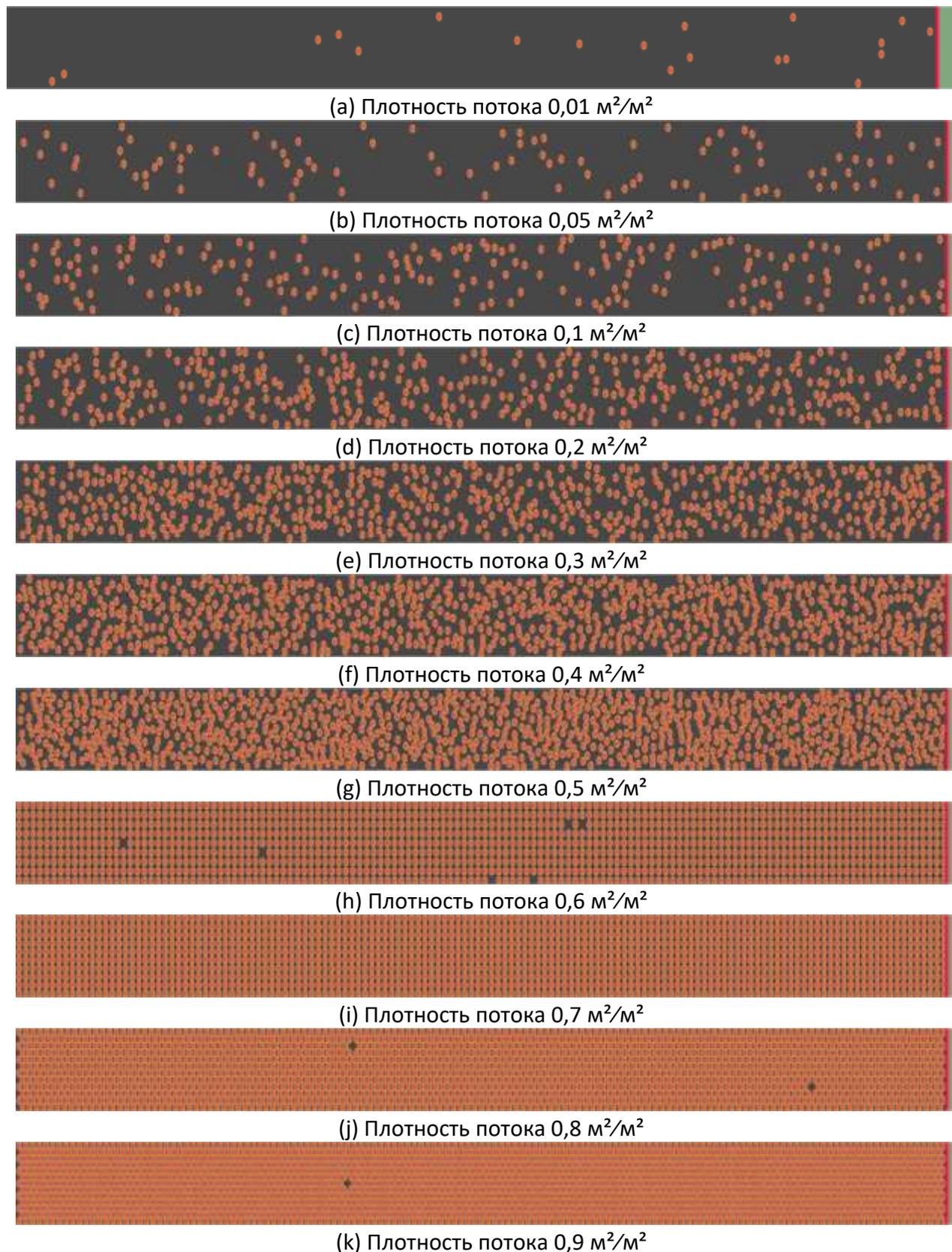


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	25,4	27,8	-8,6
2	0,05	100	27,4	27,8	-1,4
3	0,1	200	30	31,3	-4,2
4	0,2	400	43,4	42,8	1,4
5	0,3	600	61	54,6	11,7
6	0,4	800	74	67,7	9,3
7	0,5	1000	94,8	83,3	13,8
8	0,6	1200	130,8	102,6	27,5
9	0,7	1400	164	127,7	28,4
10	0,8	1600	188,6	161,8	16,6
11	0,9	1800	209,8	211,8	-0,9

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по лестнице вверх.

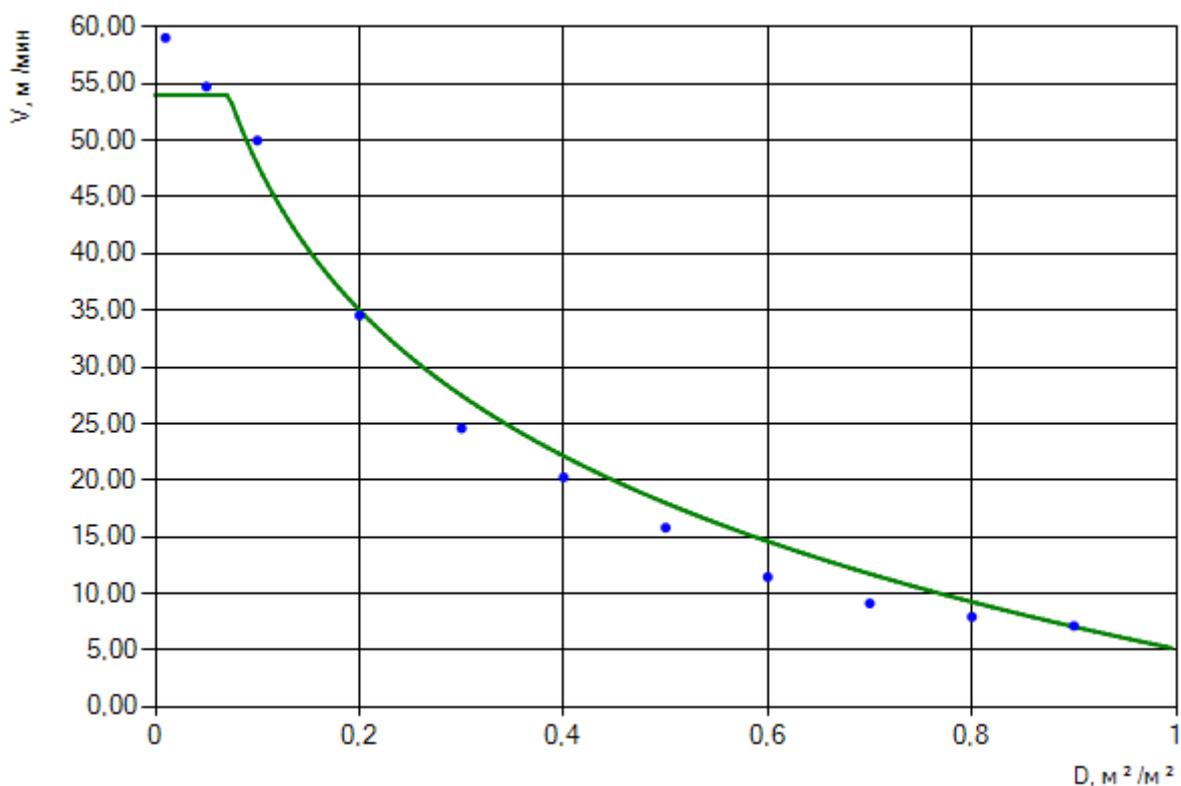


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_036.fnx](#)

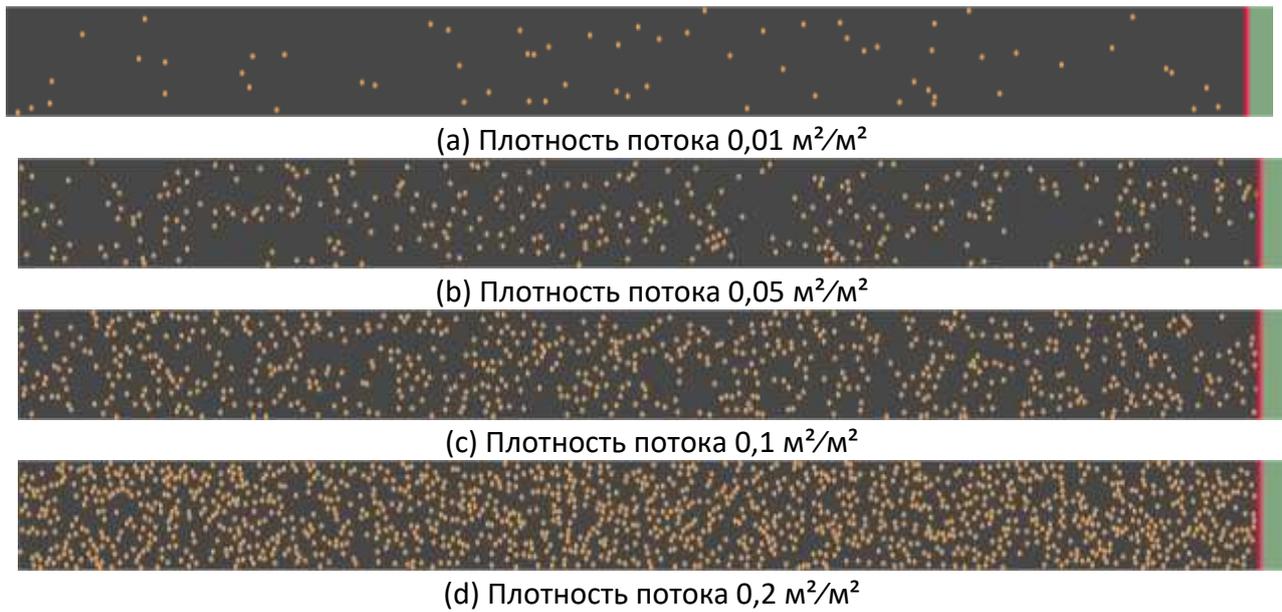


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Feñix+ 3	Методика	
1	0,01	66	32	31,9	0,3
2	0,05	333	41,6	40,7	2,2
3	0,1	666	62,2	53,8	15,6
4	0,2	1333	103	79,2	30,1

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по лестнице вверх.

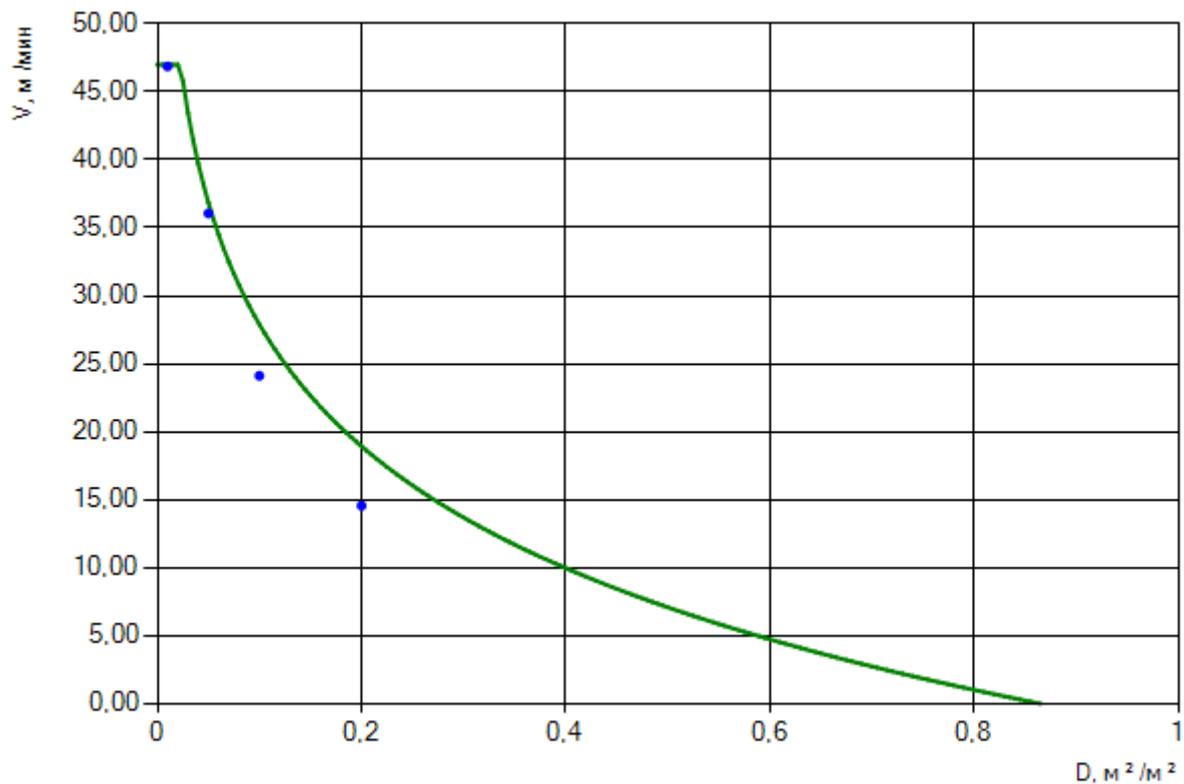


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_037.fnx](#)

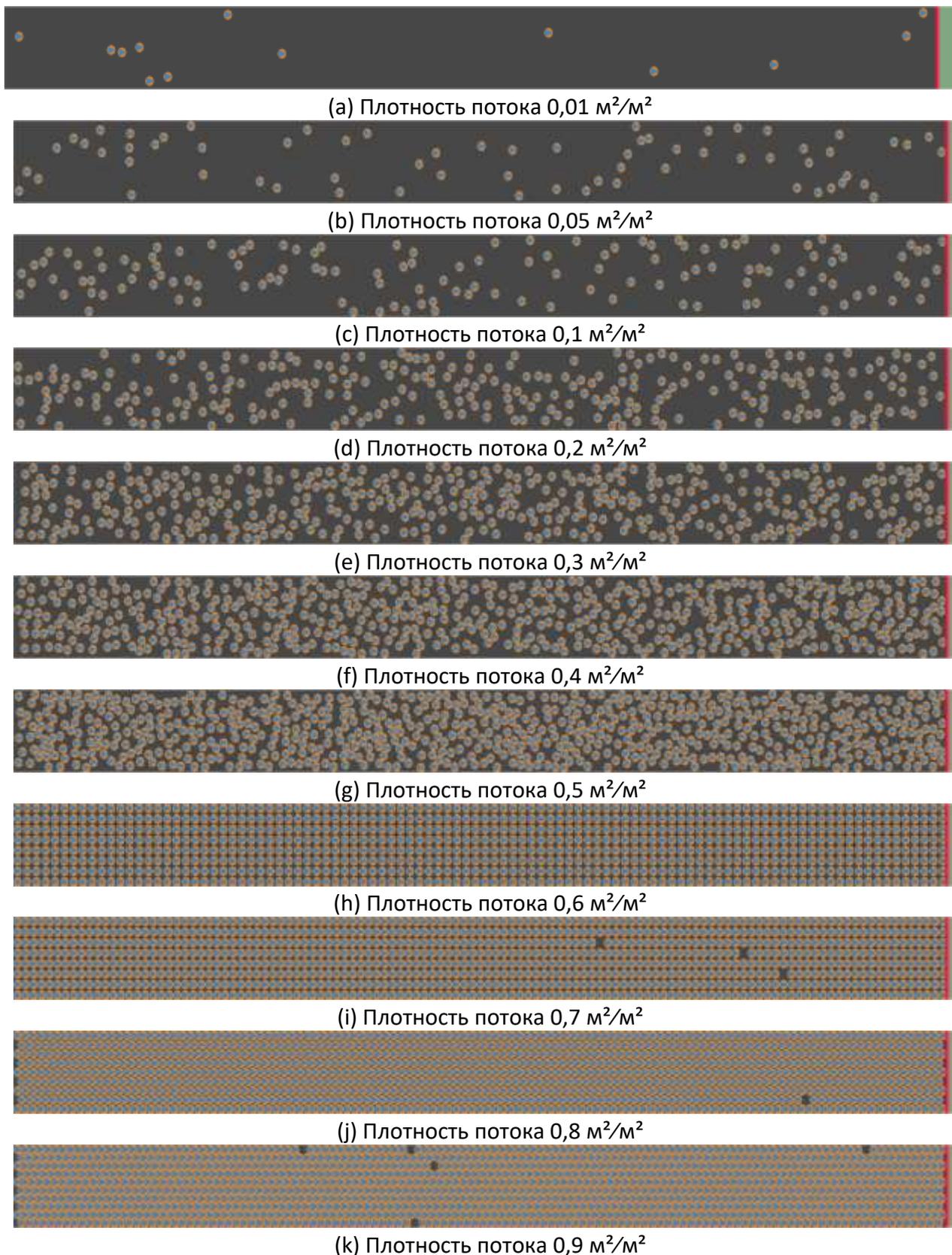


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	13	72,8	75	-2,9
2	0,05	66	74,2	75	-1,1
3	0,1	133	77,2	75	2,9
4	0,2	266	90,4	93,5	-3,3
5	0,3	400	116,2	110,2	5,4
6	0,4	533	126	126,2	-0,2
7	0,5	666	146,4	142,2	3
8	0,6	800	164	158,6	3,4
9	0,7	933	184,8	175,8	5,1
10	0,8	1066	192,4	194,1	-0,9
11	0,9	1200	206	213,6	-3,6

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по лестнице вверх.

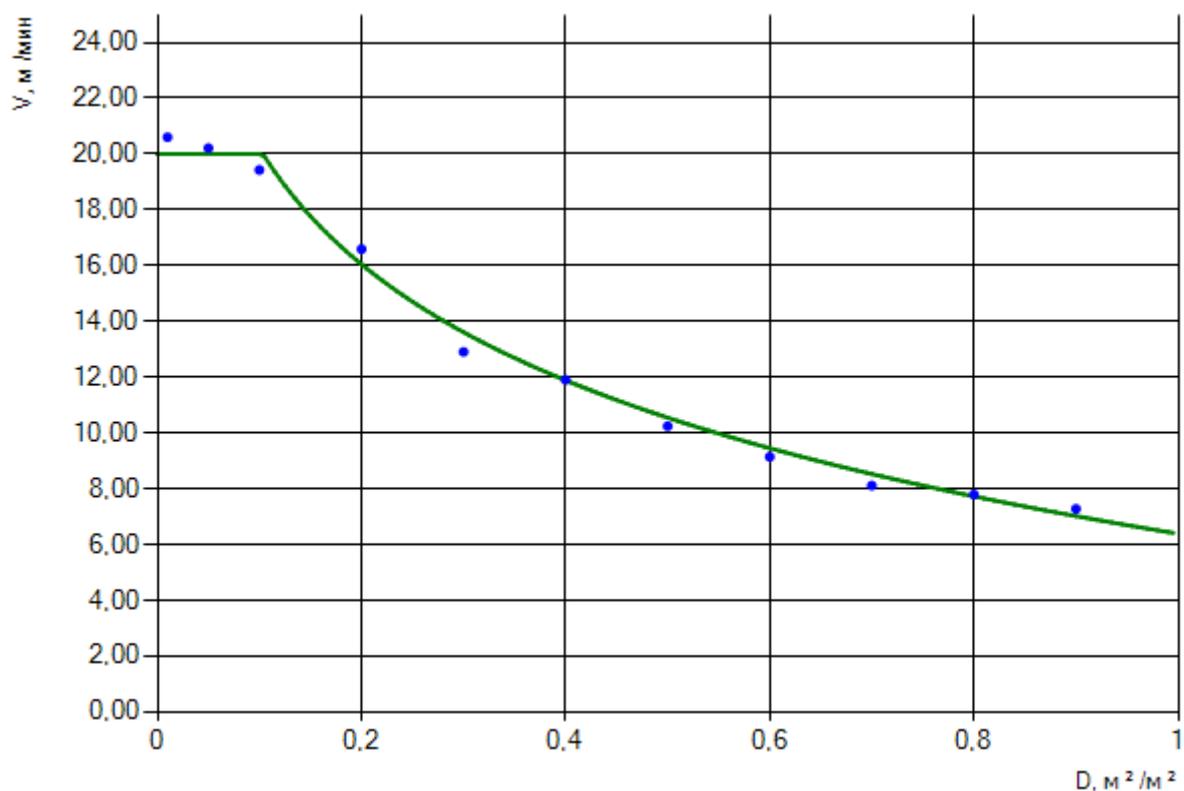


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_038.fnx](#)

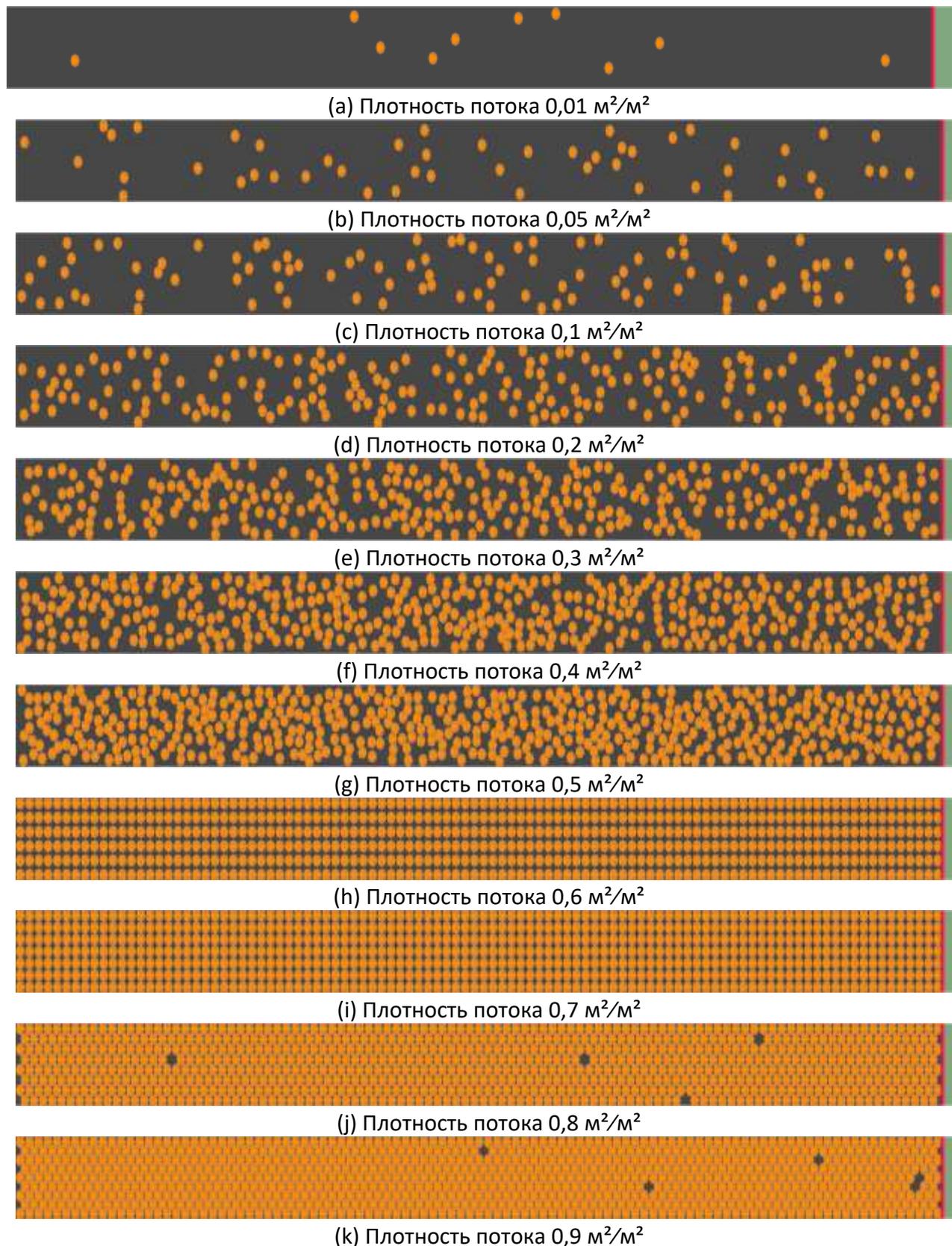


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	91,4	107,1	-14,7
2	0,05	50	105,2	107,1	-1,8
3	0,1	100	105,8	107,1	-1,2
4	0,2	200	109	118,3	-7,9
5	0,3	300	132,4	137,6	-3,8
6	0,4	400	152,6	155,6	-1,9
7	0,5	500	172,4	173,1	-0,4
8	0,6	600	203	190,7	6,4
9	0,7	700	214,8	208,6	3
10	0,8	800	231	227,1	1,7
11	0,9	900	243,2	246,3	-1,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по лестнице вверх.

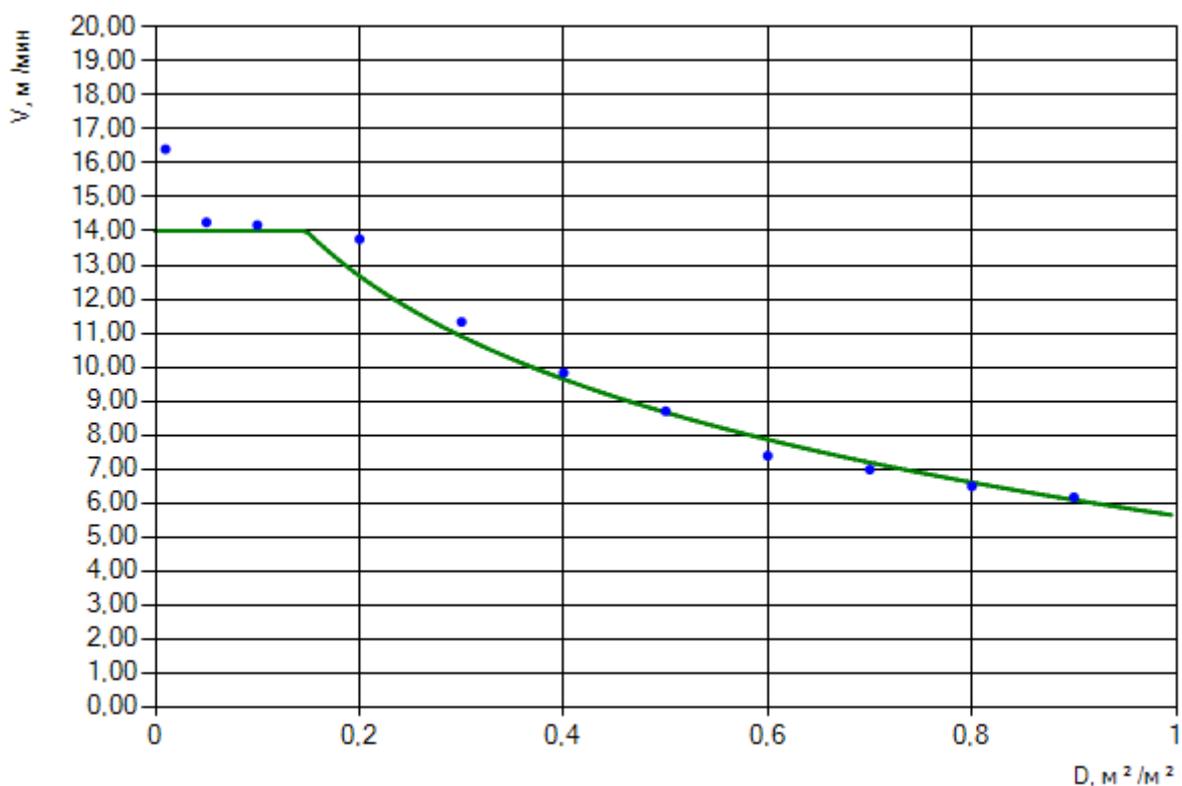


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_039.fnx](#)

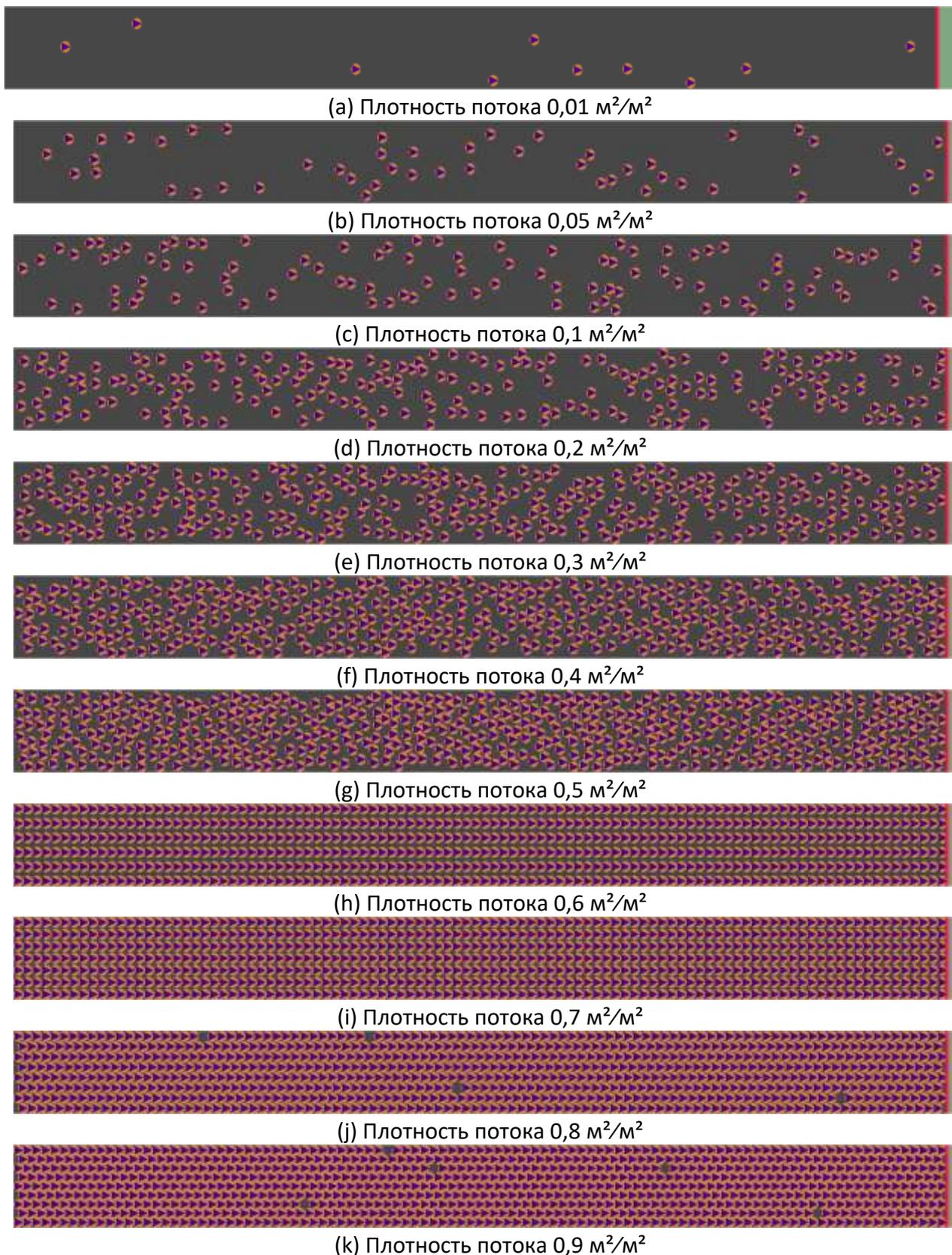


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	65,4	75	-12,8
2	0,05	50	69,8	75	-6,9
3	0,1	100	76,6	75	2,1
4	0,2	200	95,6	93,3	2,5
5	0,3	300	115,2	112,4	2,5
6	0,4	400	135,4	131,6	2,9
7	0,5	500	156,8	151,7	3,4
8	0,6	600	200,4	173,3	15,6
9	0,7	700	207,8	197,1	5,4
10	0,8	800	223	223,6	-0,3
11	0,9	900	237,8	253,7	-6,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по лестнице вверх.

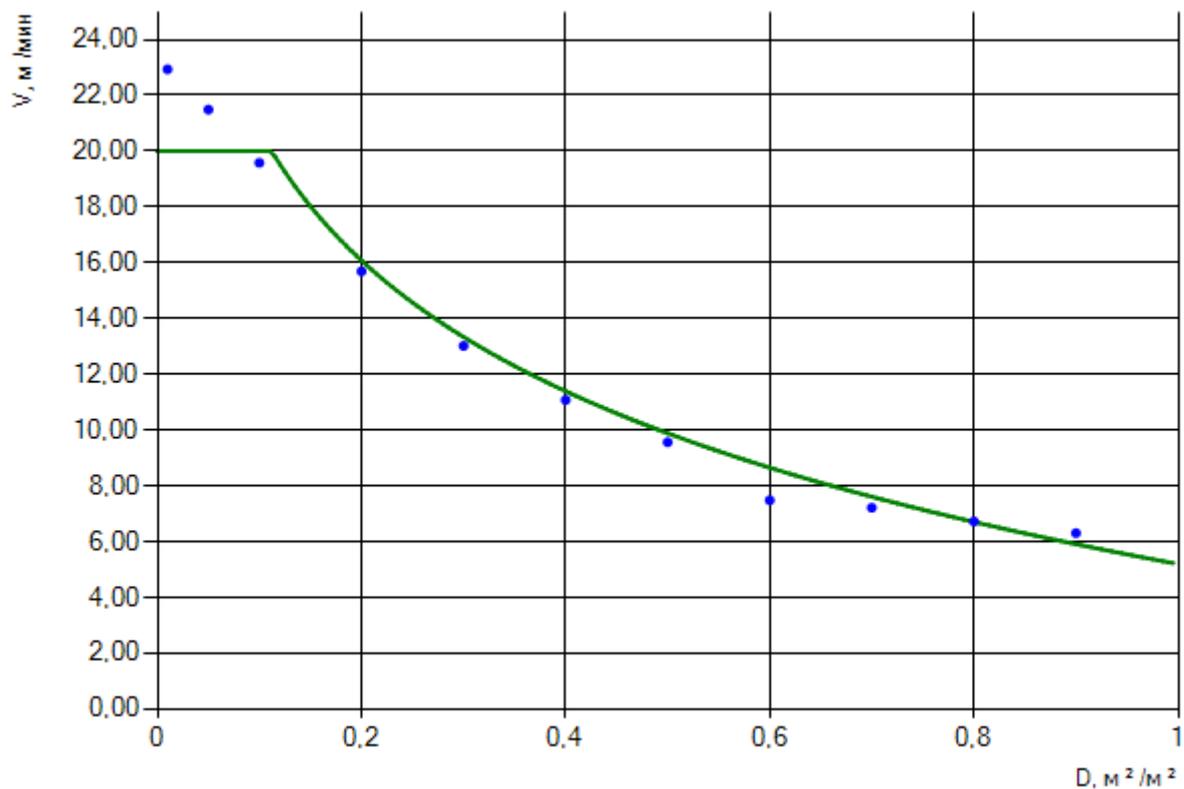


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по лестнице вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_040.fnx](#)

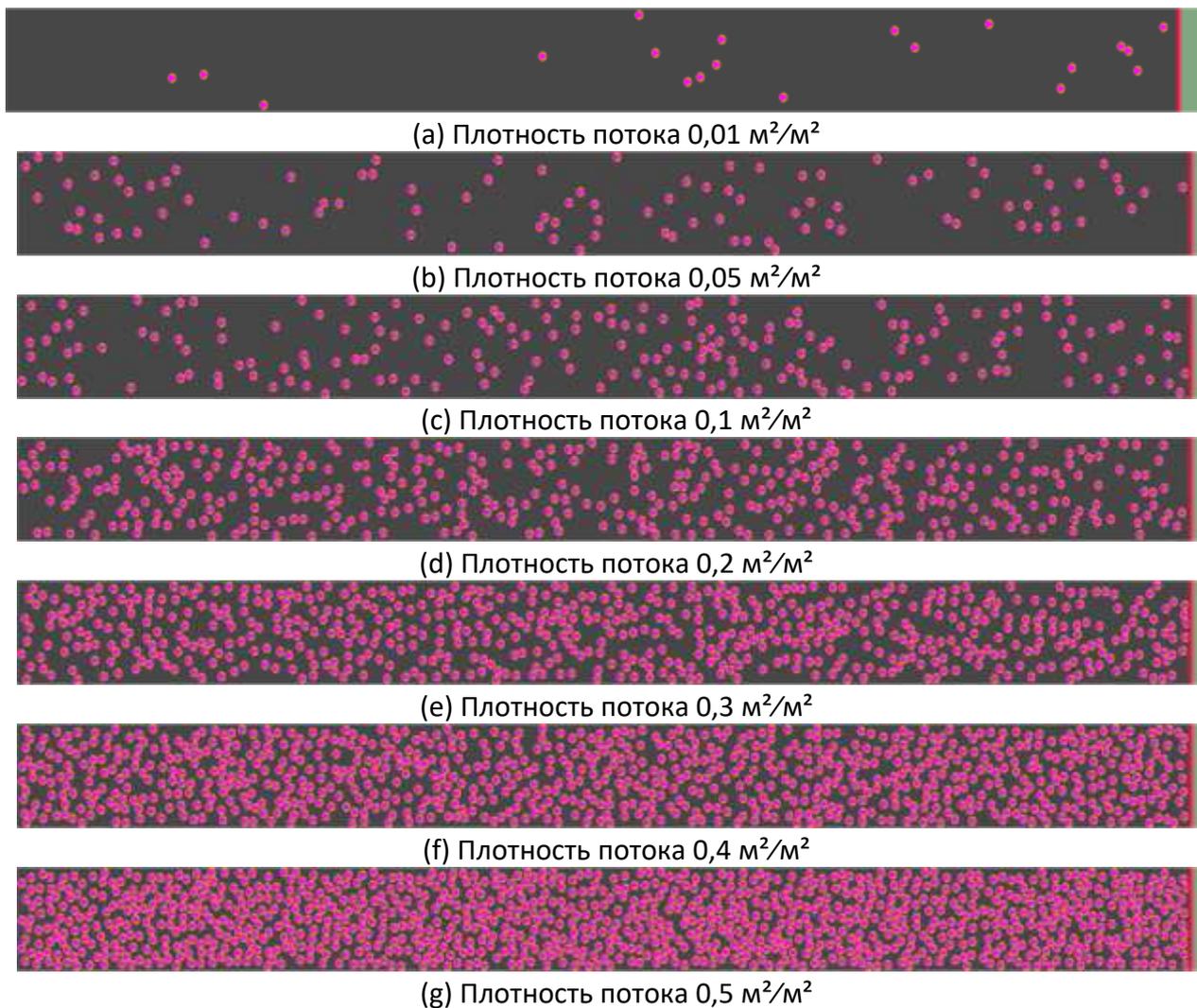


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по лестнице вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	59,8	83,3	-28,2
2	0,05	100	82,6	83,3	-0,8
3	0,1	200	84,6	90,3	-6,3
4	0,2	400	131	127,2	3
5	0,3	600	183,8	167,3	9,9
6	0,4	800	227	215,5	5,3
7	0,5	1000	308,4	277,5	11,1

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по лестнице вверх.

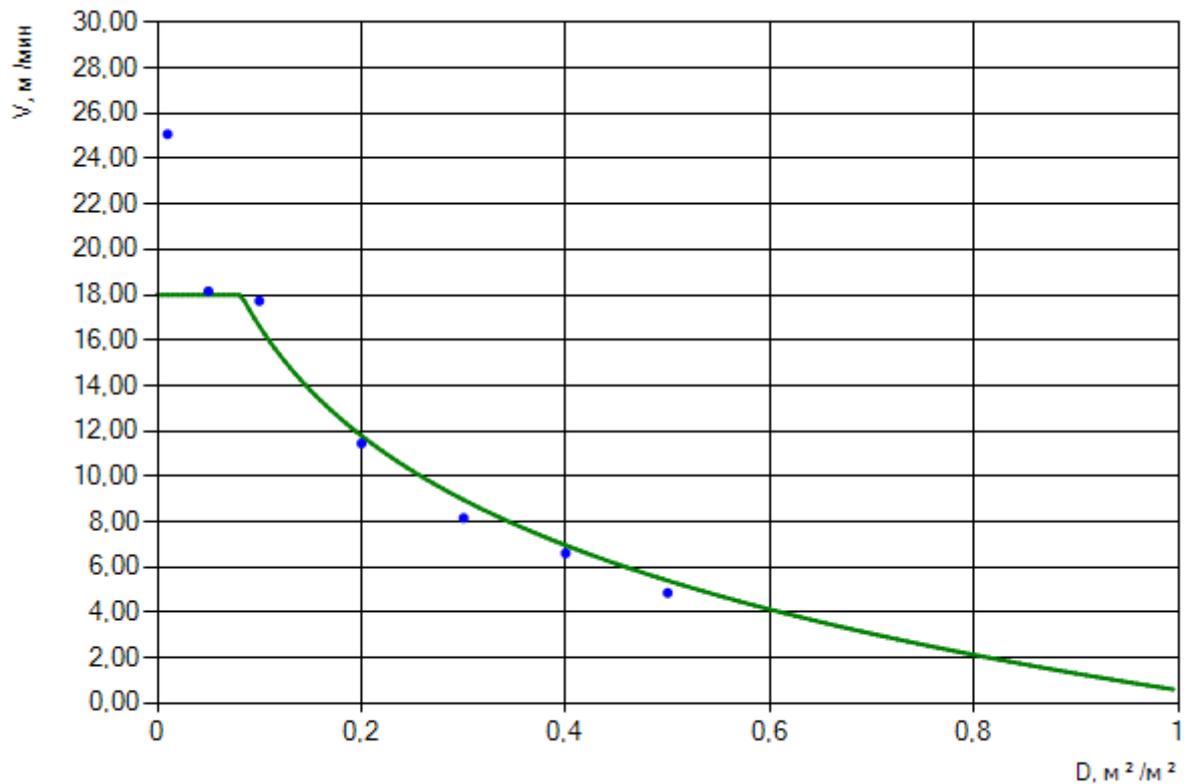


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по лестнице вверх.

Анализ результатов

Скорость движения людей по лестнице вверх при моделировании с помощью программы Fenix+ 3 хорошо соответствует зависимостям, представленным в методике.

Анализ результатов моделирования показывает, что наибольшие отклонения наблюдаются при низкой плотности (до $0,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$). Причина этого в том, что последний человек, который пересекает середину лестницы, проходит не половину длины лестницы, а меньшее расстояние, так как расположен на некотором удалении от края лестницы.

1.4. Движение по пандусу вниз

Описание группы тестов

Методика [1] не содержит информацию о зависимости скорости движения людей по пандусам различного угла наклона. Считаем, что по любым пандусам люди движутся со скоростью, определяемой выражением (1) и таблицей 1.

Сценарий представляет собой пандус шириной 4 м, высотой 30 м и длиной в проекции равной 40 м. Таким образом, длина пандуса составляет 50 м (так как скорость движения не зависит от угла наклона пандуса, указанные параметры выбраны лишь для упрощения вычислений).

На нижнем уровне пандуса расположен выход и регистратор.

На пандусе находится такое количество людей, чтобы обеспечить необходимую плотность размещения. Время начала движения всех людей равно нулю.

Время прохождения последнего человека через середину пандуса, рассчитанное с помощью программы Fenix+ 3, сравнивается со временем, определенным по формуле:

$$t = \frac{0,5L}{V(D)} \quad (8)$$

где L - длина пандуса, а V - скорость, определенная по формуле (1).

Плотность потока определяется по формуле:

$$D = \frac{Nf}{S} \quad (9)$$

где N - количество людей на пандусе, S - площадь пандуса, а f - площадь горизонтальной проекции человека.

Были разработаны проекты для каждого контингента людей. Каждый проект состоит из нескольких сценариев (каждый сценарий соответствует определенной плотности потока).

Ожидаемые результаты

Время прохождения последнего человека через середину пандуса совпадает со временем, рассчитанным по формуле (8). Получение этого результата означает, что скорость движения людей по пандусу вниз в программе Fenix+ 3 соответствует скорости, определяемой методикой.

Результаты моделирования

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_041.fnx](#)

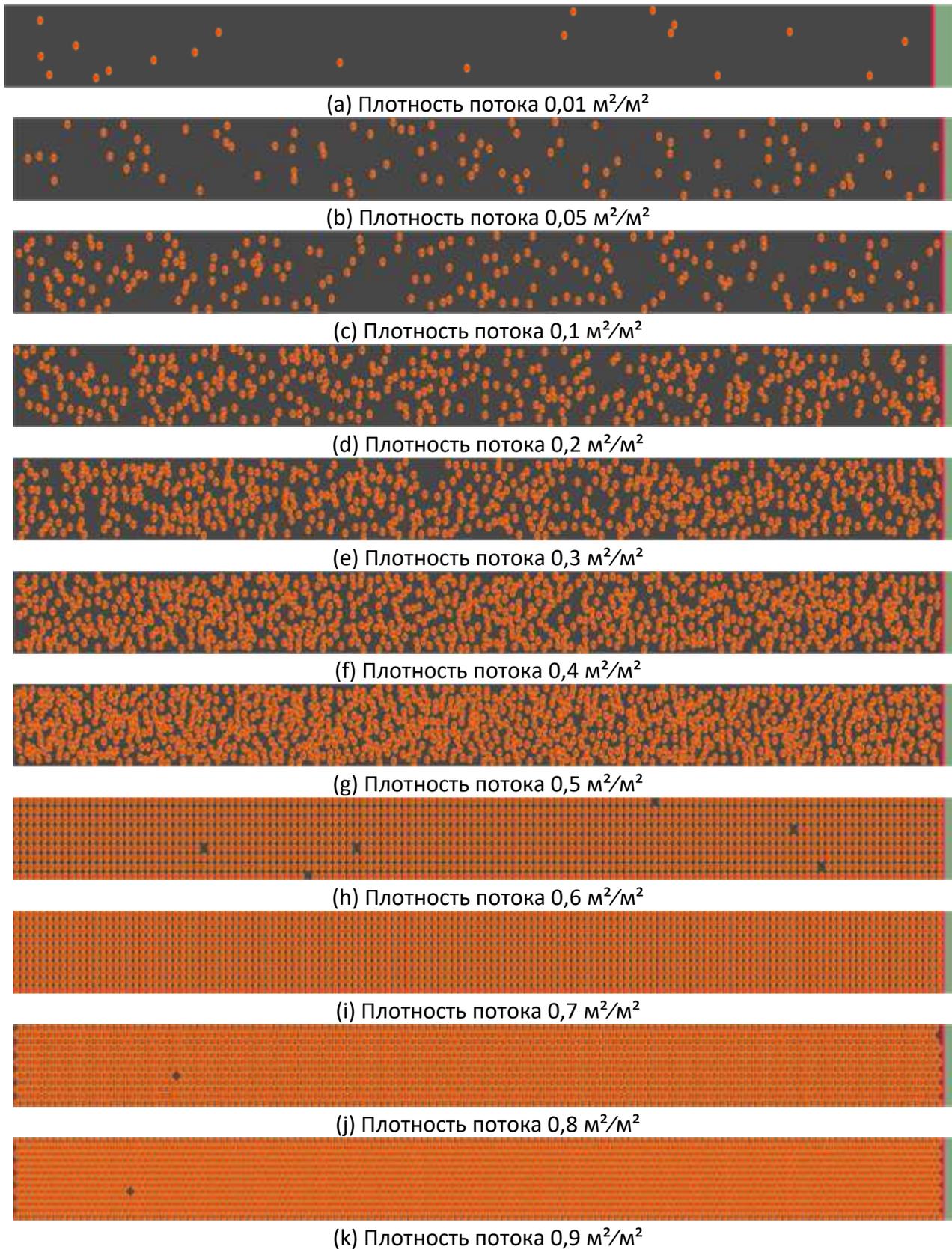


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М1" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	12,2	13	-6,2
2	0,05	100	12,8	13	-1,5
3	0,1	200	13	13	0
4	0,2	400	13,6	13,9	-2,2
5	0,3	600	16,4	16,8	-2,4
6	0,4	800	19,2	19,7	-2,5
7	0,5	1000	23	22,8	0,9
8	0,6	1200	26,8	26,1	2,7
9	0,7	1400	30,4	29,8	2
10	0,8	1600	33,6	33,9	-0,9
11	0,9	1800	37,8	38,7	-2,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М1" по пандусу вниз.

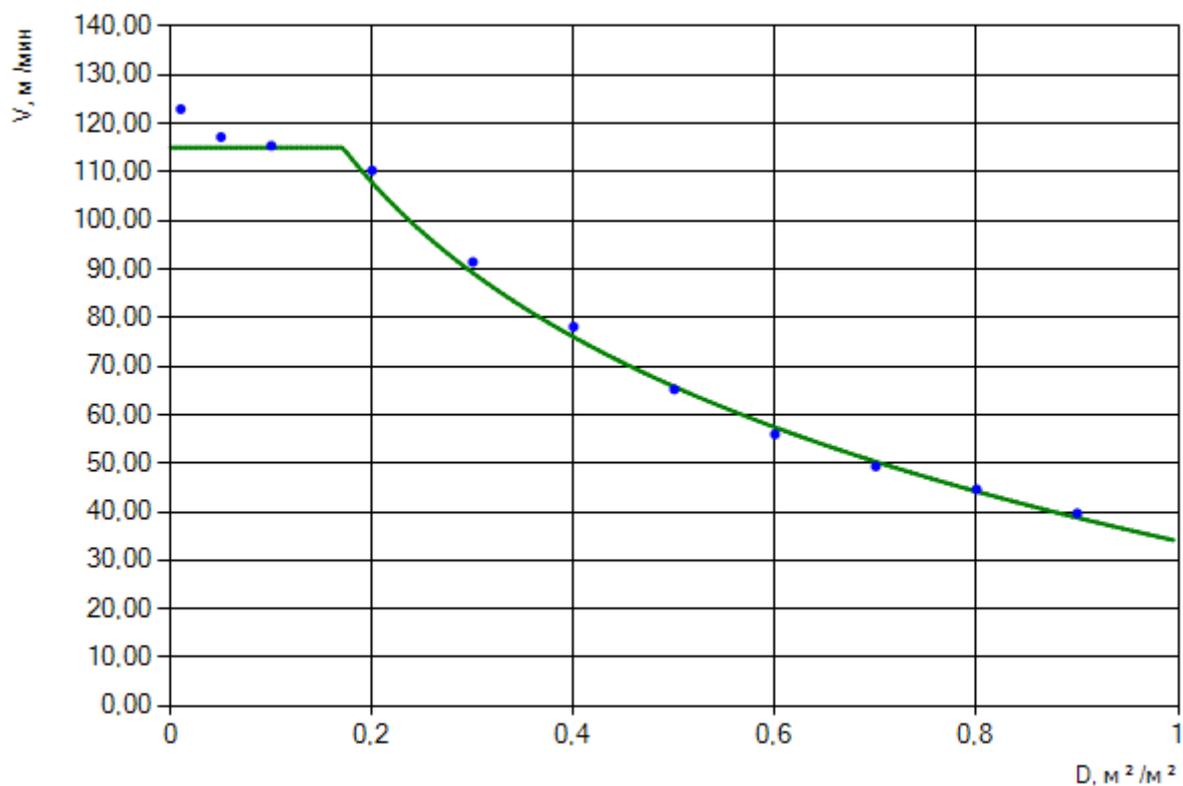


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М1" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_042.fnx](#)

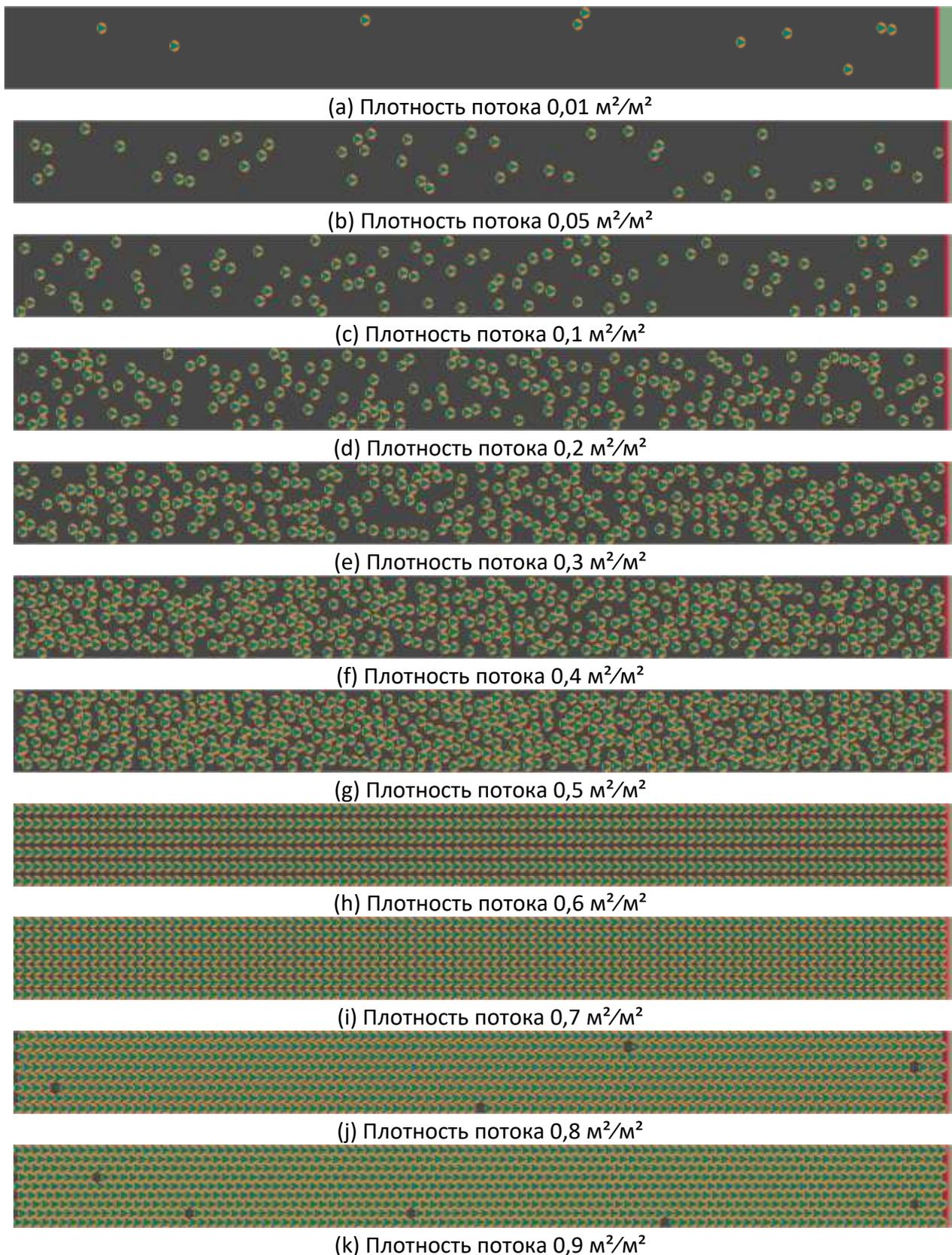


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М2" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	26,4	33,3	-20,7
2	0,05	50	32	33,3	-3,9
3	0,1	100	33,2	33,3	-0,3
4	0,2	200	34,2	35,8	-4,5
5	0,3	300	41	44,2	-7,2
6	0,4	400	52,4	53,1	-1,3
7	0,5	500	60,4	62,9	-4
8	0,6	600	77,6	74	4,9
9	0,7	700	84,6	87,1	-2,9
10	0,8	800	97,2	102,8	-5,4
11	0,9	900	102,4	122,3	-16,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "M2" по пандусу вниз.

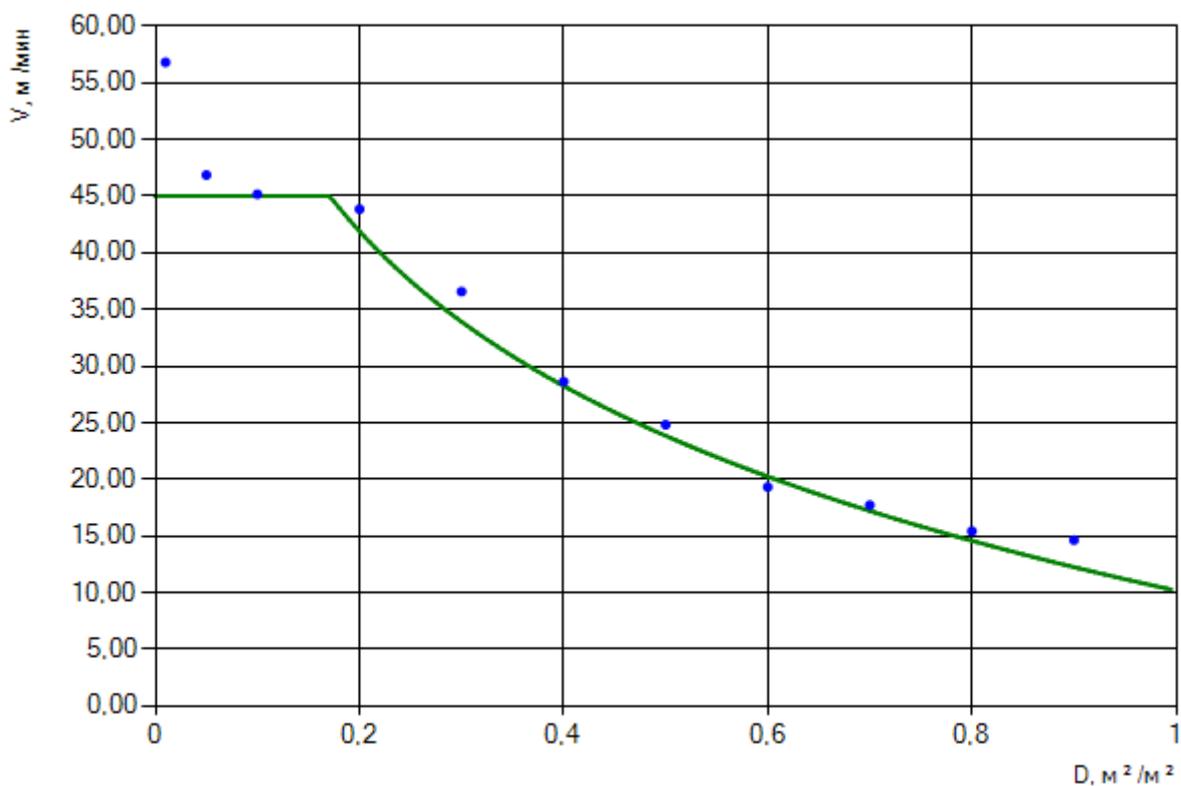


Рис. 2. Движение потока людей контингента "M2" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_043.fnx](#)

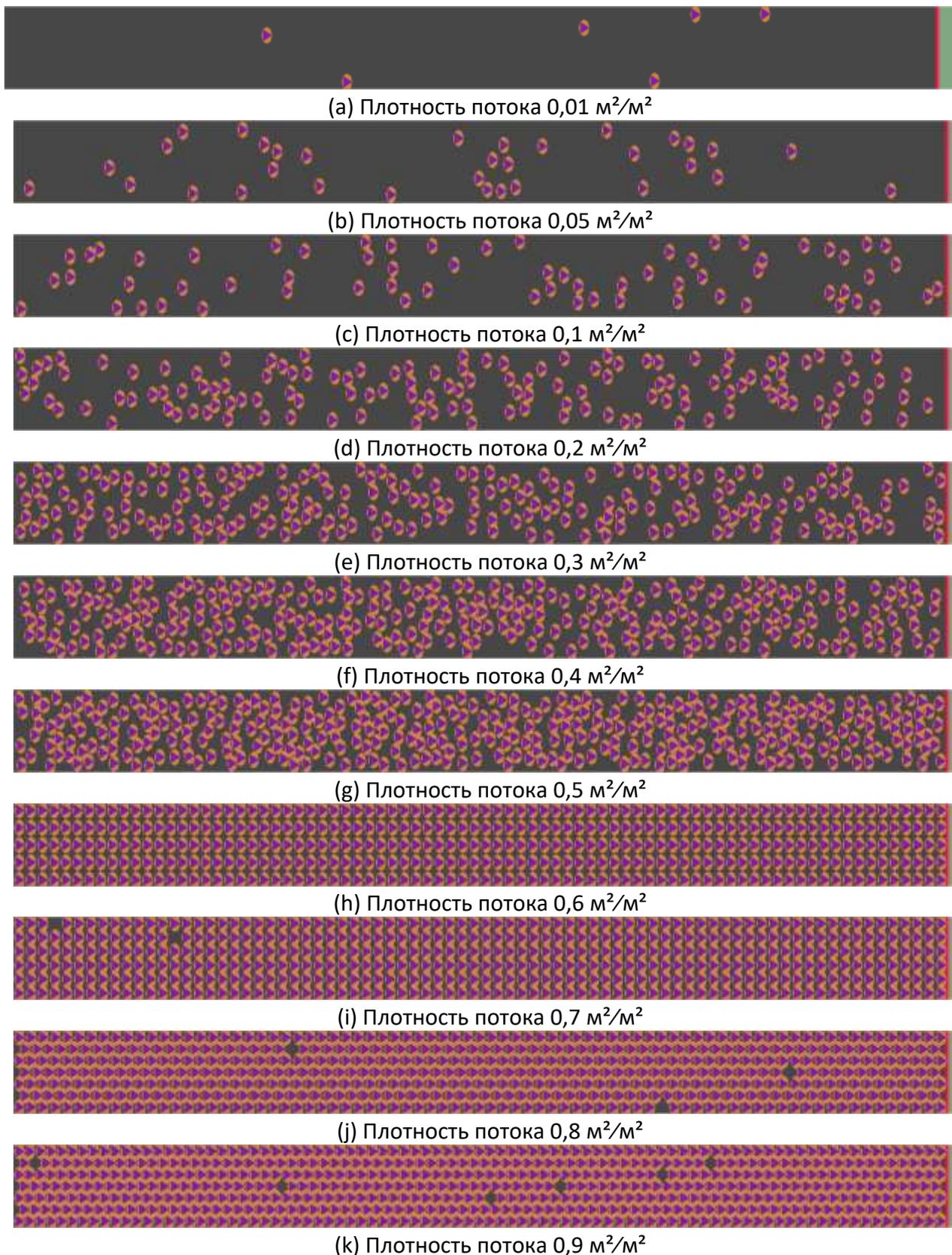


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М3" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	6	6,4	14,3	-55,2
2	0,05	33	14	14,3	-2,1
3	0,1	66	14,2	14,3	-0,7
4	0,2	133	17,4	18	-3,3
5	0,3	200	25	22,8	9,6
6	0,4	266	31,4	28,2	11,3
7	0,5	333	38,4	34,5	11,3
8	0,6	400	49,4	42,3	16,8
9	0,7	466	57,4	52,2	10
10	0,8	533	69,2	65,5	5,6
11	0,9	600	82,6	84,5	-2,2

Табл. 1. Движение потока людей контингента "МЗ" по пандусу вниз.

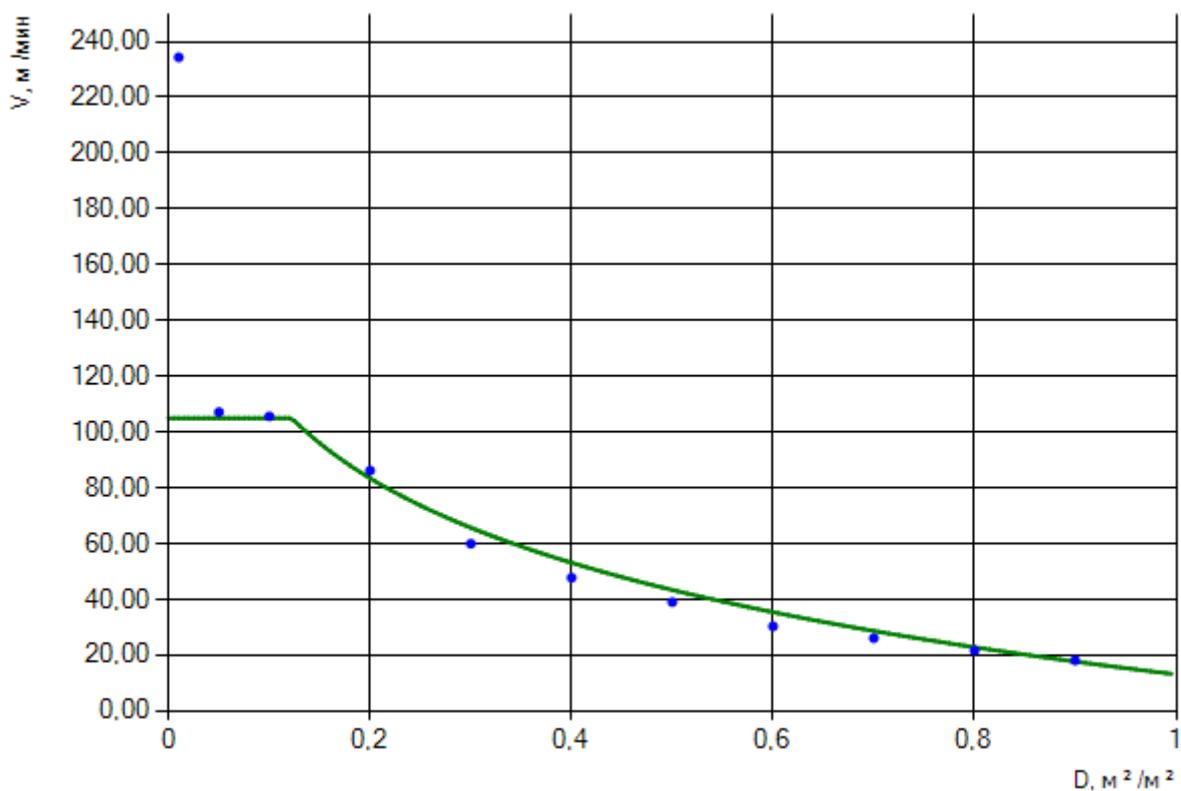


Рис. 2. Движение потока людей контингента "МЗ" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_044.fnx](#)

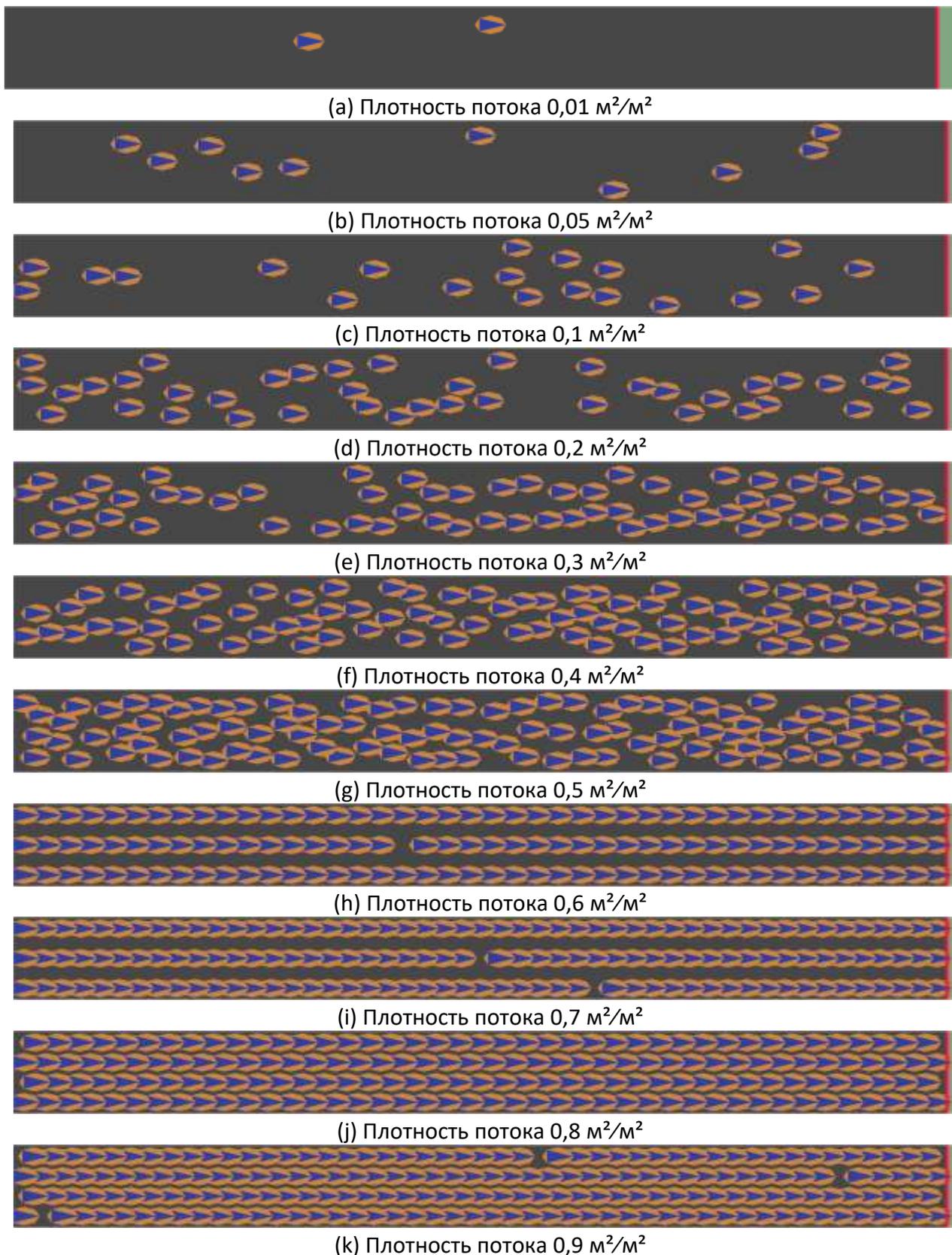


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М4" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	2	4,6	13	-64,6
2	0,05	10	10	13	-23,1
3	0,1	20	13,2	13	1,5
4	0,2	41	15	15,1	-0,7
5	0,3	62	17,2	18,8	-8,5
6	0,4	83	23,4	22,8	2,6
7	0,5	104	29,8	27,3	9,2
8	0,6	125	33,6	32,6	3,1
9	0,7	145	43,4	38,9	11,6
10	0,8	166	53	46,8	13,2
11	0,9	187	55,8	57,1	-2,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М4" по пандусу вниз.

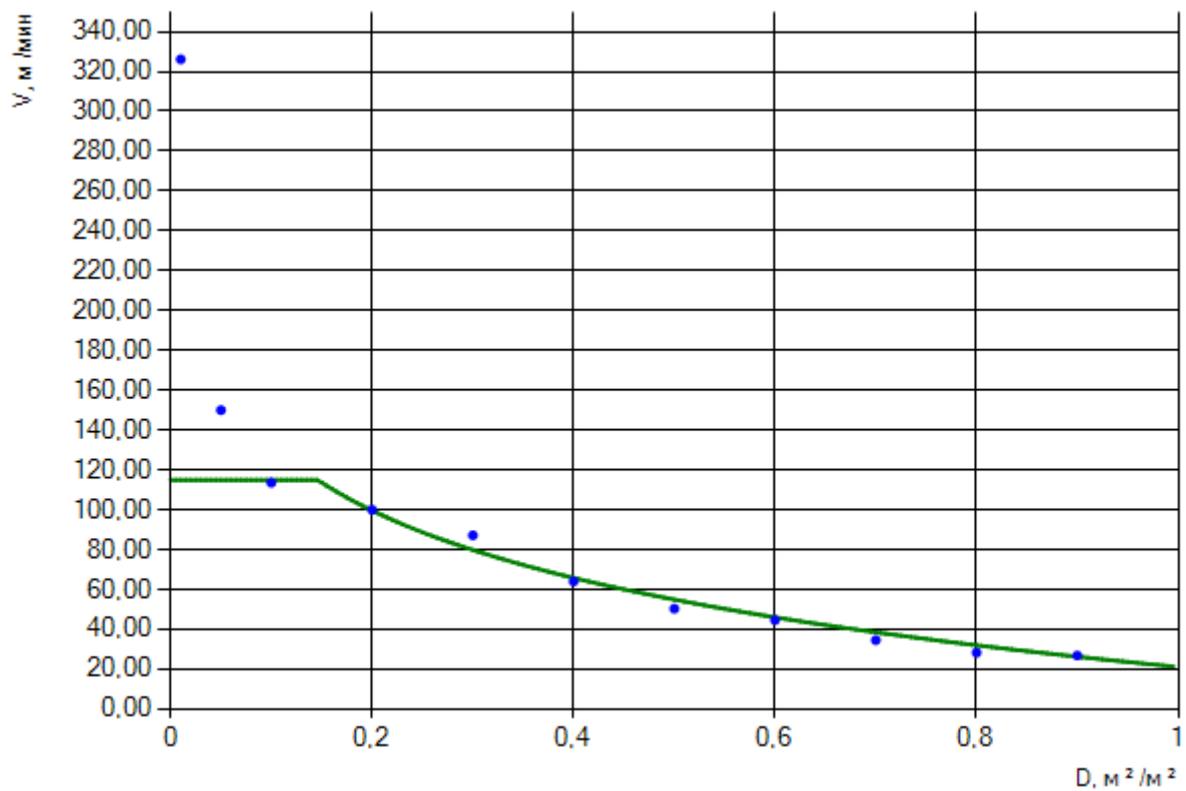


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М4" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_045.fnx](#)

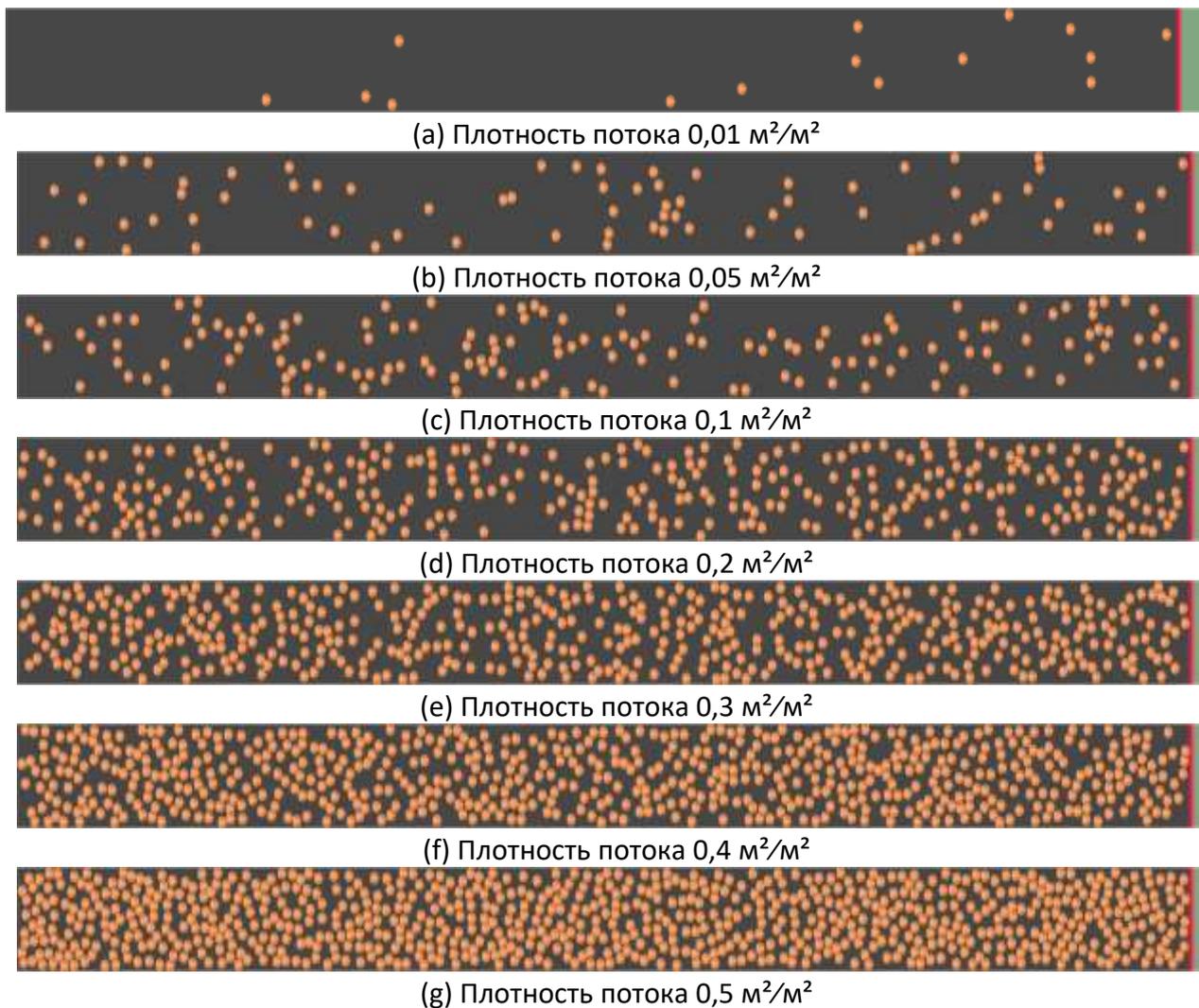


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	15	41,8	75	-44,3
2	0,05	76	71,6	75	-4,5
3	0,1	153	73,4	75	-2,1
4	0,2	307	74,4	75	-0,8
5	0,3	461	74,2	75	-1,1
6	0,4	615	74,4	75	-0,8
7	0,5	769	74,4	75	-0,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по пандусу вниз.

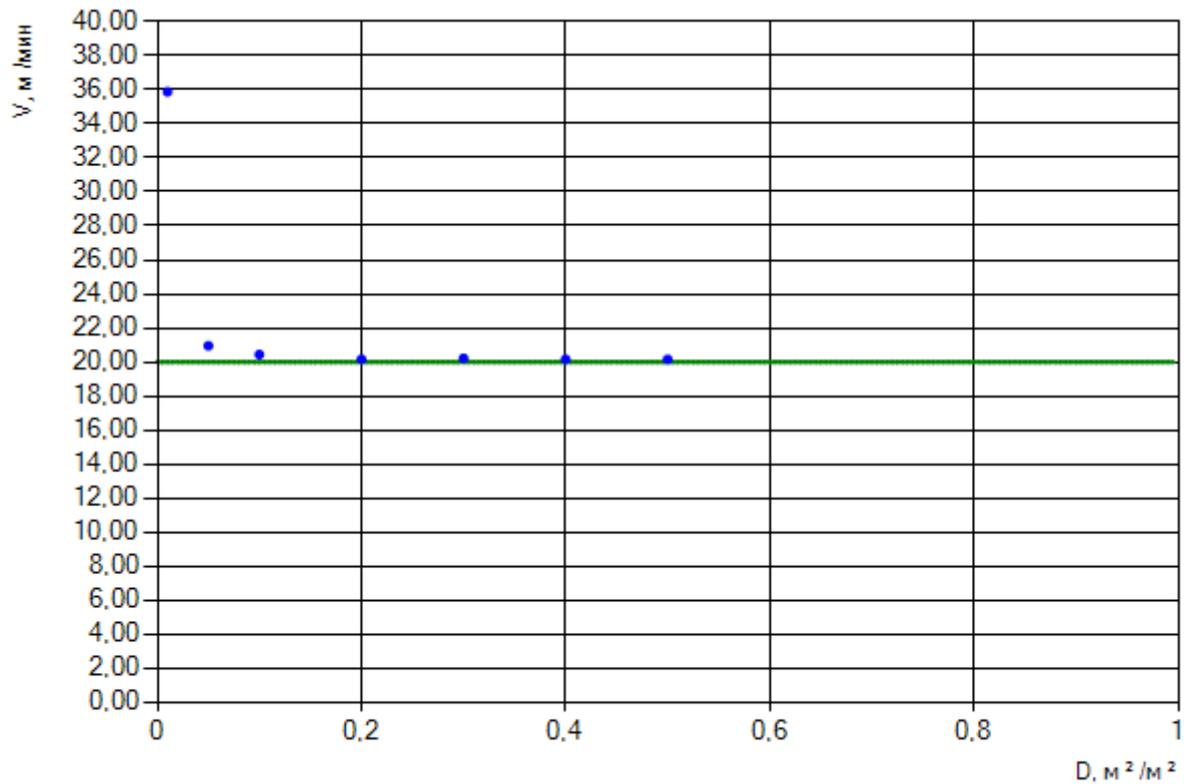


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_046.fnx](#)

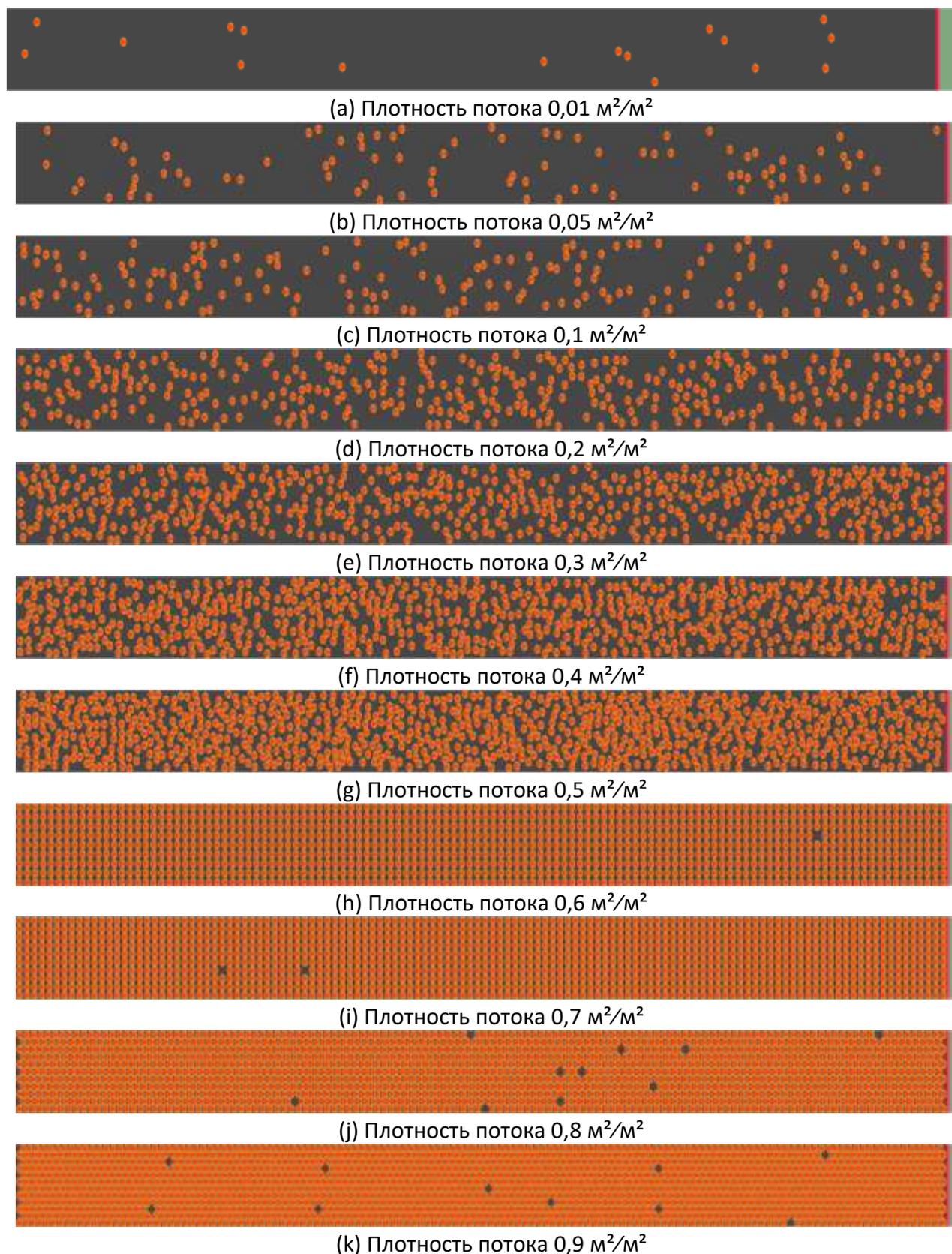


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	17	12,6	13	-3,1
2	0,05	88	12,2	13	-6,2
3	0,1	176	13	13	0
4	0,2	353	13,6	13,9	-2,2
5	0,3	530	16,2	16,8	-3,6
6	0,4	707	19,4	19,7	-1,5
7	0,5	884	22,2	22,8	-2,6
8	0,6	1061	25,6	26,1	-1,9
9	0,7	1238	29,8	29,8	0
10	0,8	1415	34,4	33,9	1,5
11	0,9	1592	36,8	38,7	-4,9

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по пандусу вниз.

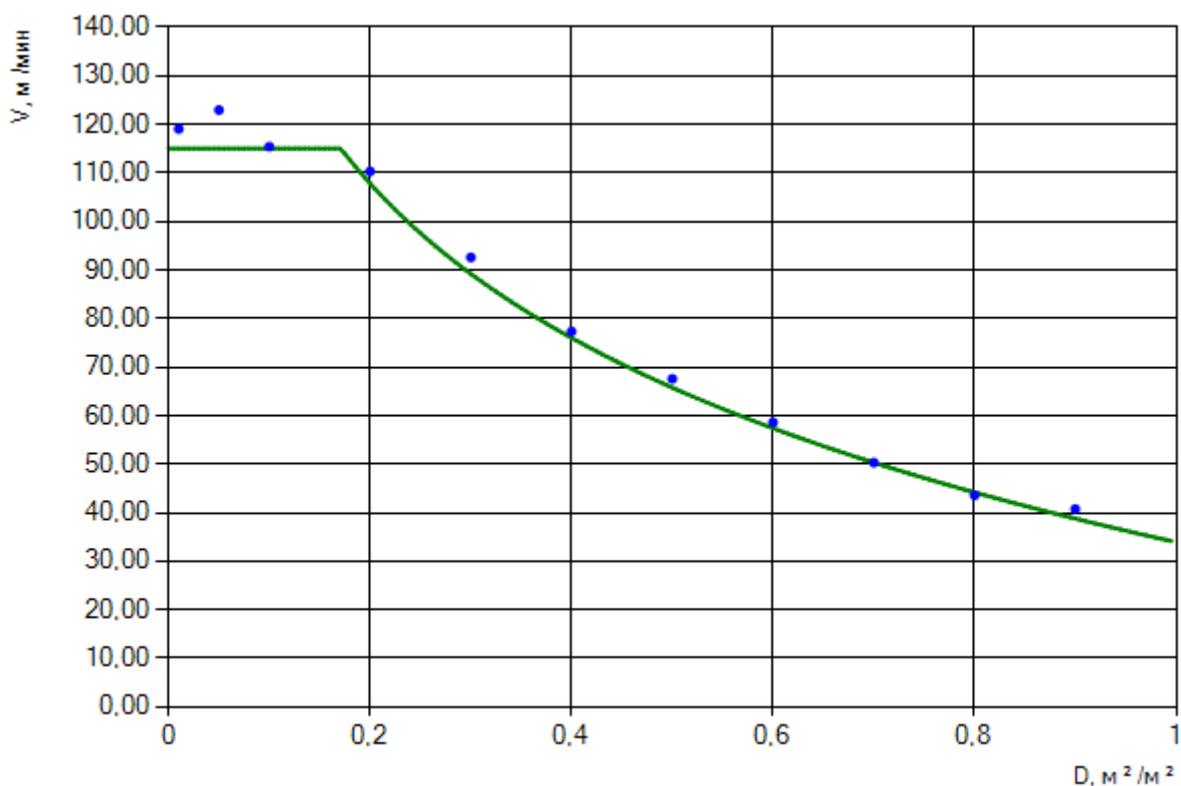


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_047.fnx](#)

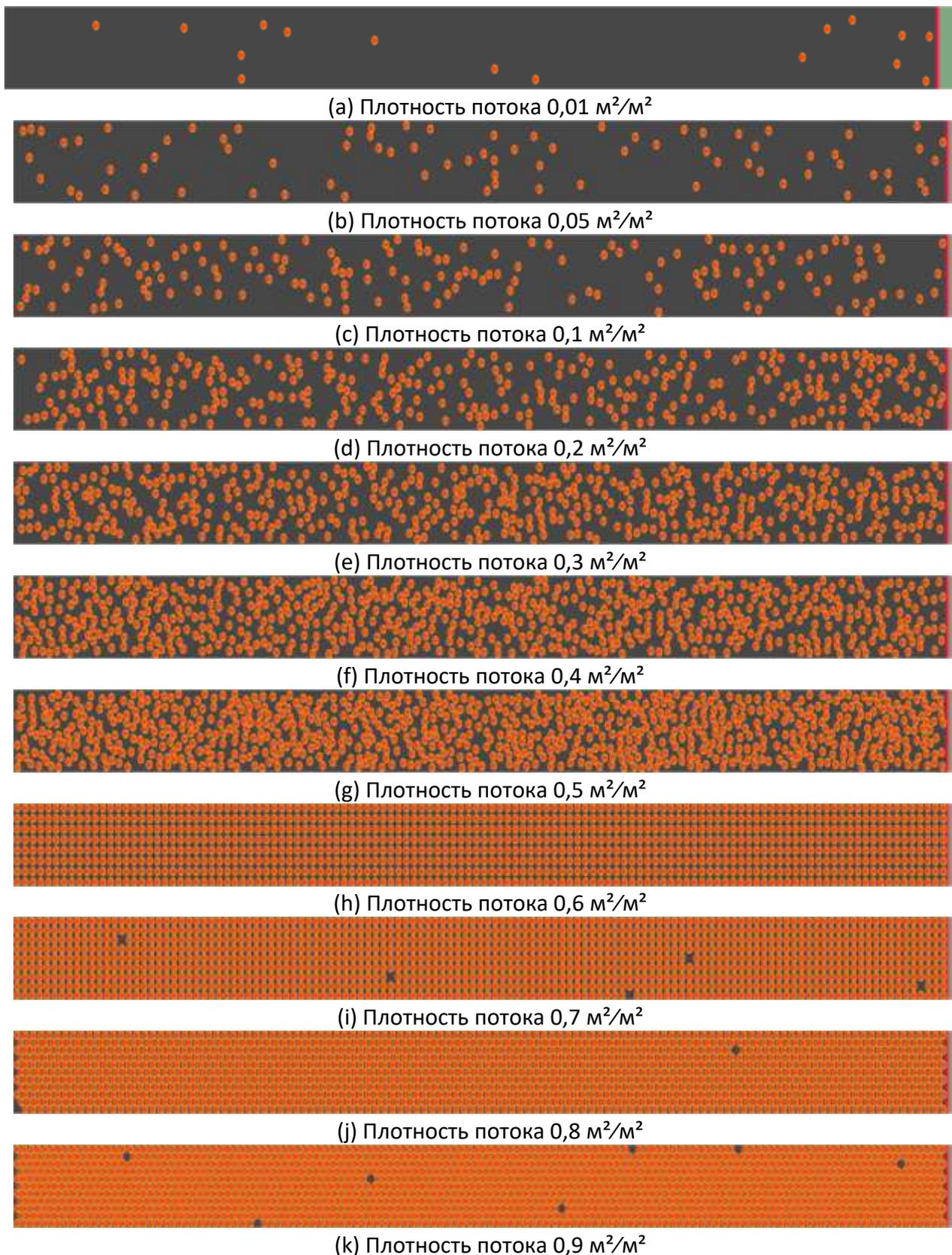


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	16	10,6	13	-18,5
2	0,05	80	13	13	0
3	0,1	160	13	13	0
4	0,2	320	13,2	13,9	-5
5	0,3	480	15,6	16,8	-7,1
6	0,4	640	19,4	19,7	-1,5
7	0,5	800	22	22,8	-3,5
8	0,6	960	25,4	26,1	-2,7
9	0,7	1120	30,4	29,8	2
10	0,8	1280	33,6	33,9	-0,9
11	0,9	1440	37	38,7	-4,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по пандусу вниз.

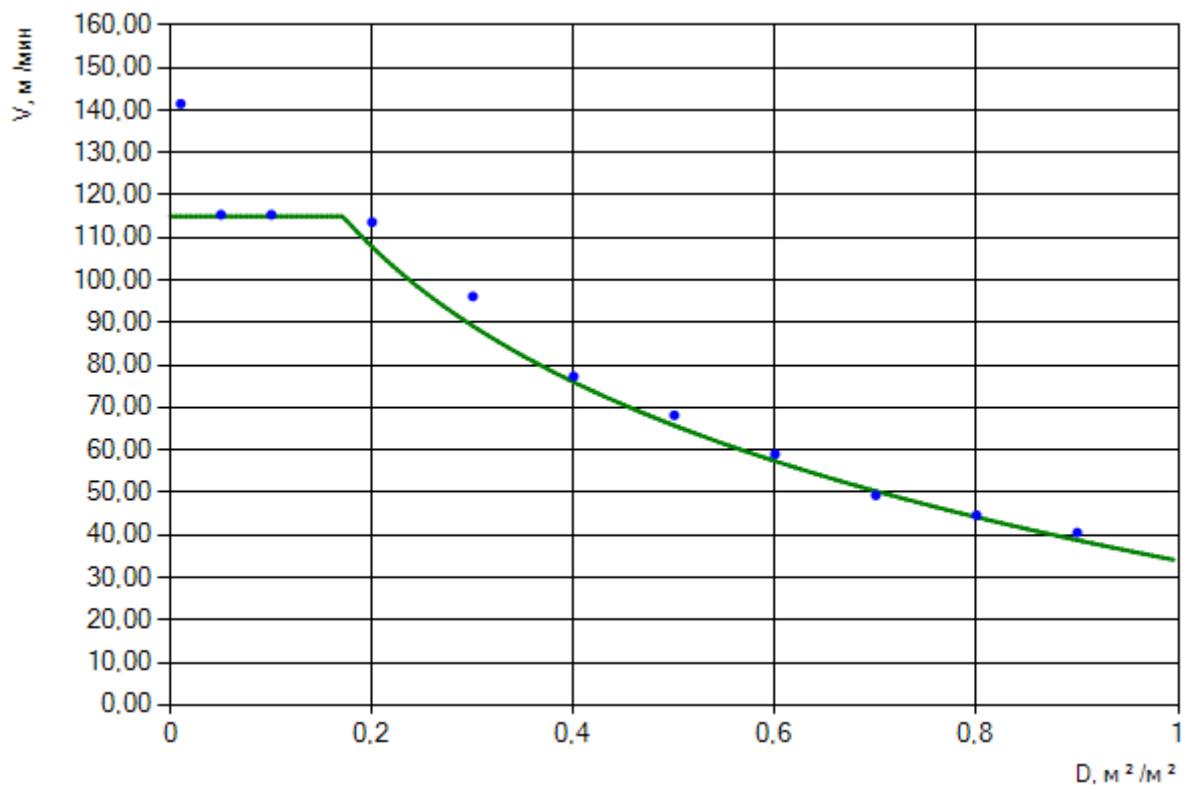


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_048.fnx](#)

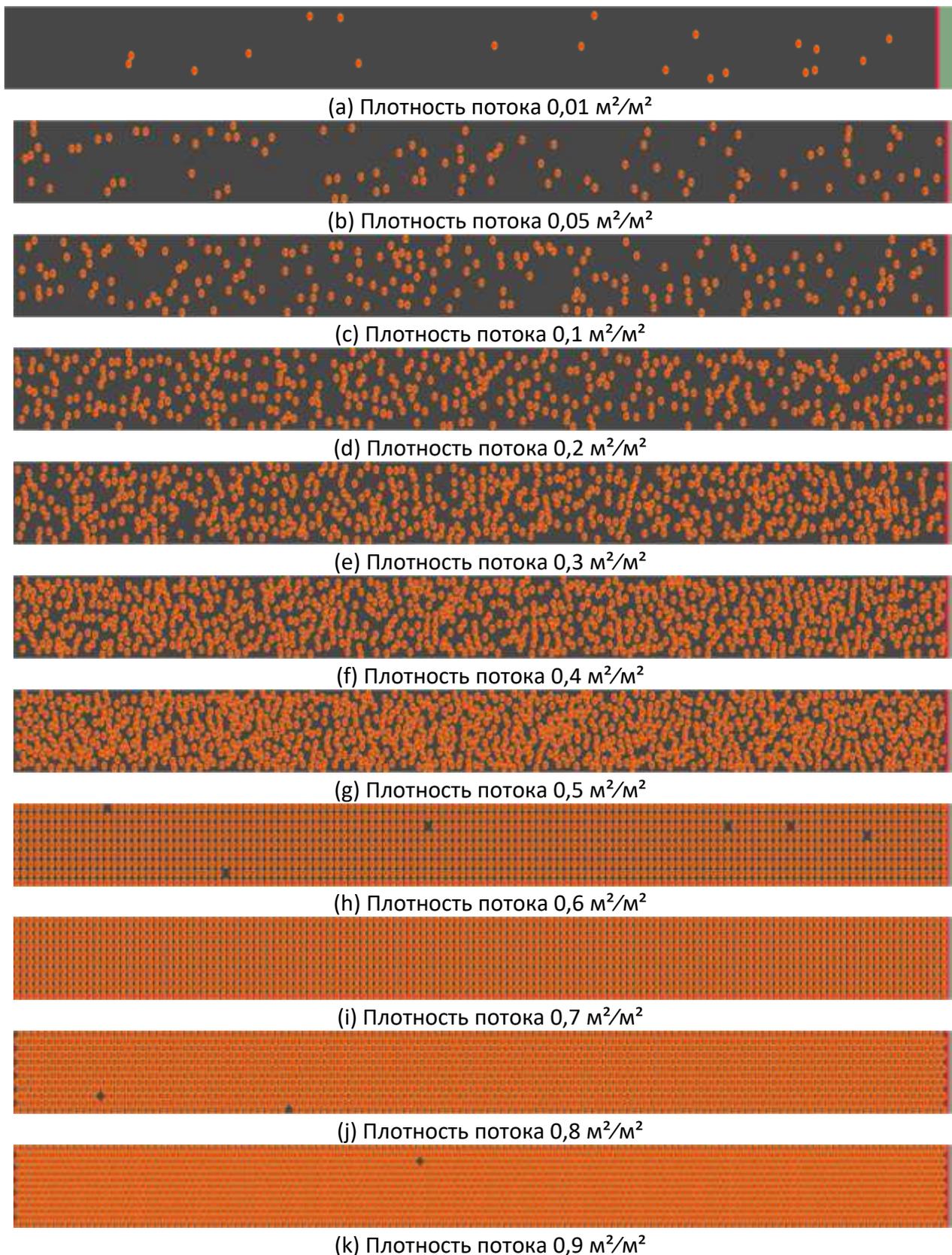


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	9,6	13	-26,2
2	0,05	100	12,8	13	-1,5
3	0,1	200	13	13	0
4	0,2	400	13,4	13,9	-3,6
5	0,3	600	15,8	16,8	-6
6	0,4	800	19,2	19,7	-2,5
7	0,5	1000	22,8	22,8	0
8	0,6	1200	27,2	26,1	4,2
9	0,7	1400	30,4	29,8	2
10	0,8	1600	33,4	33,9	-1,5
11	0,9	1800	37,8	38,7	-2,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по пандусу вниз.

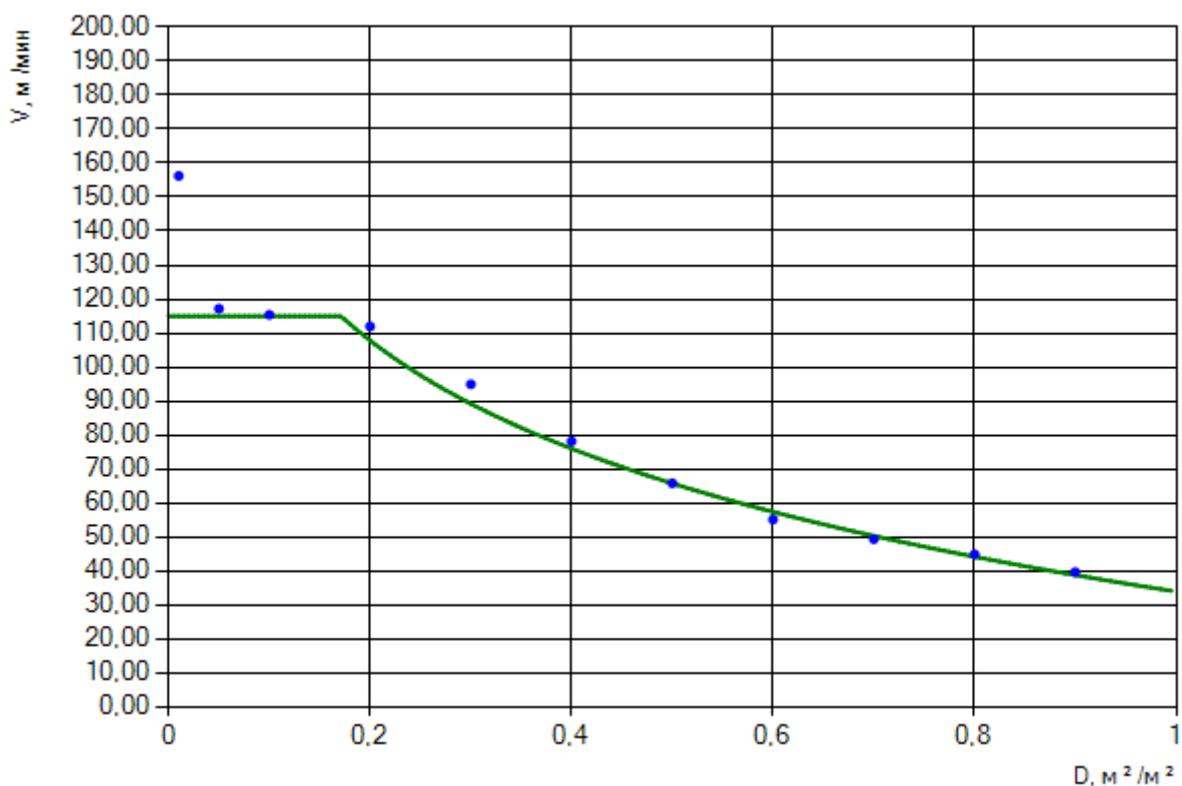


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_049.fnx](#)

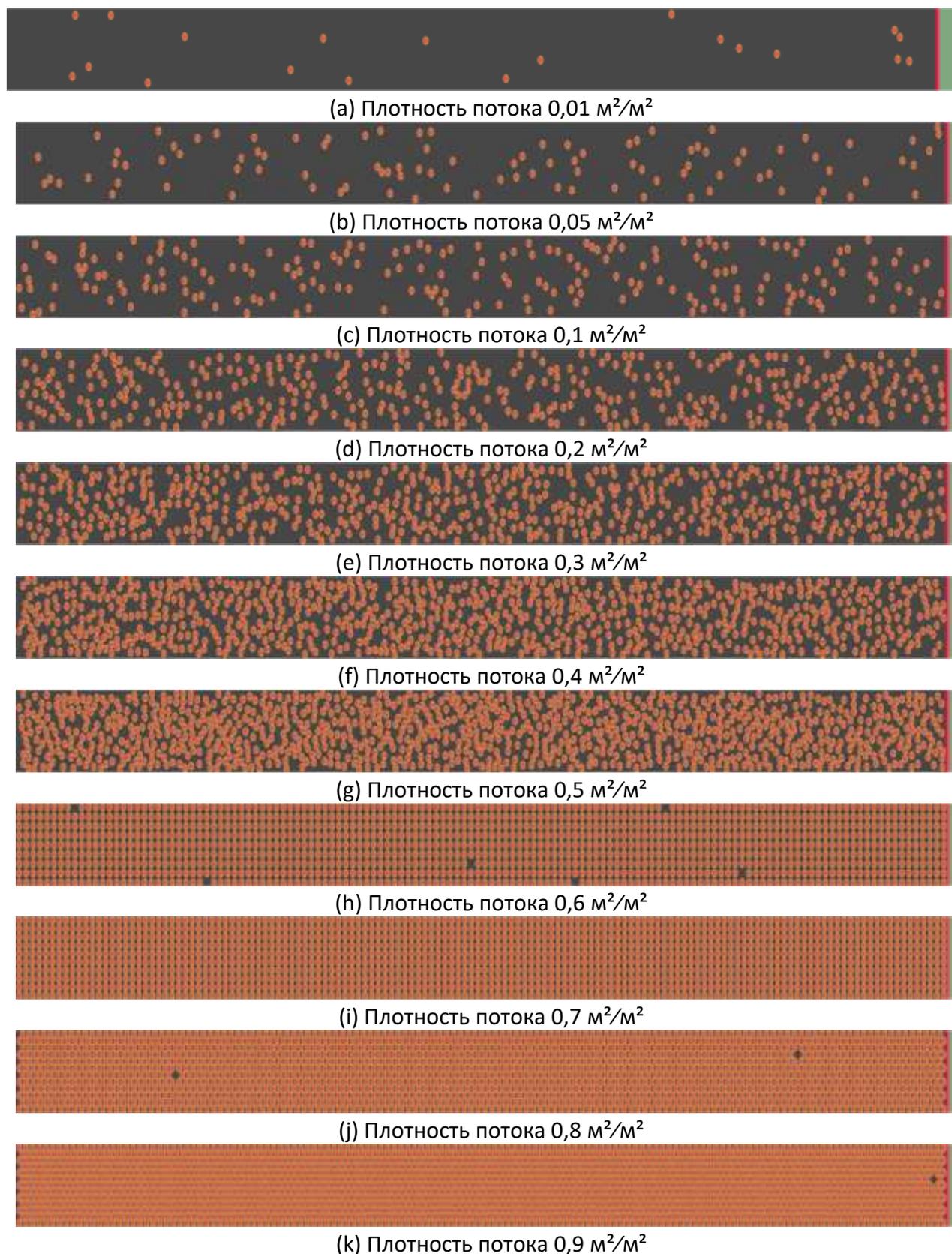


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	24	27,8	-13,7
2	0,05	100	26,8	27,8	-3,6
3	0,1	200	31	31,3	-1
4	0,2	400	46	42,8	7,5
5	0,3	600	57,2	54,6	4,8
6	0,4	800	79,2	67,7	17
7	0,5	1000	94,8	83,3	13,8
8	0,6	1200	127,2	102,6	24
9	0,7	1400	164	127,7	28,4
10	0,8	1600	189	161,8	16,8
11	0,9	1800	209,8	211,8	-0,9

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по пандусу вниз.

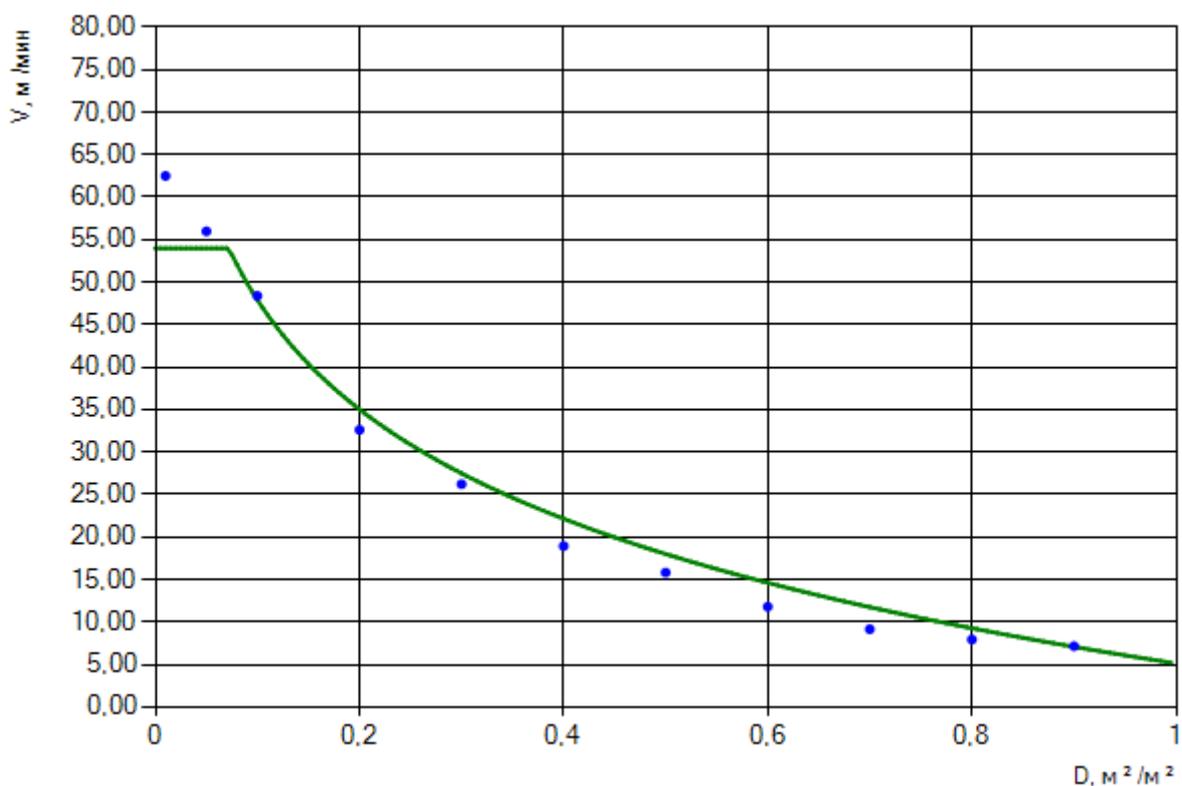


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_050.fnx](#)



(a) Плотность потока 0,01 м²/м²



(b) Плотность потока 0,05 м²/м²



(c) Плотность потока 0,1 м²/м²



(d) Плотность потока 0,2 м²/м²

Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	66	29,8	31,9	-6,6
2	0,05	333	42,6	39	9,2
3	0,1	666	50,2	46,5	8
4	0,2	1333	64,8	57,5	12,7

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по пандусу вниз.

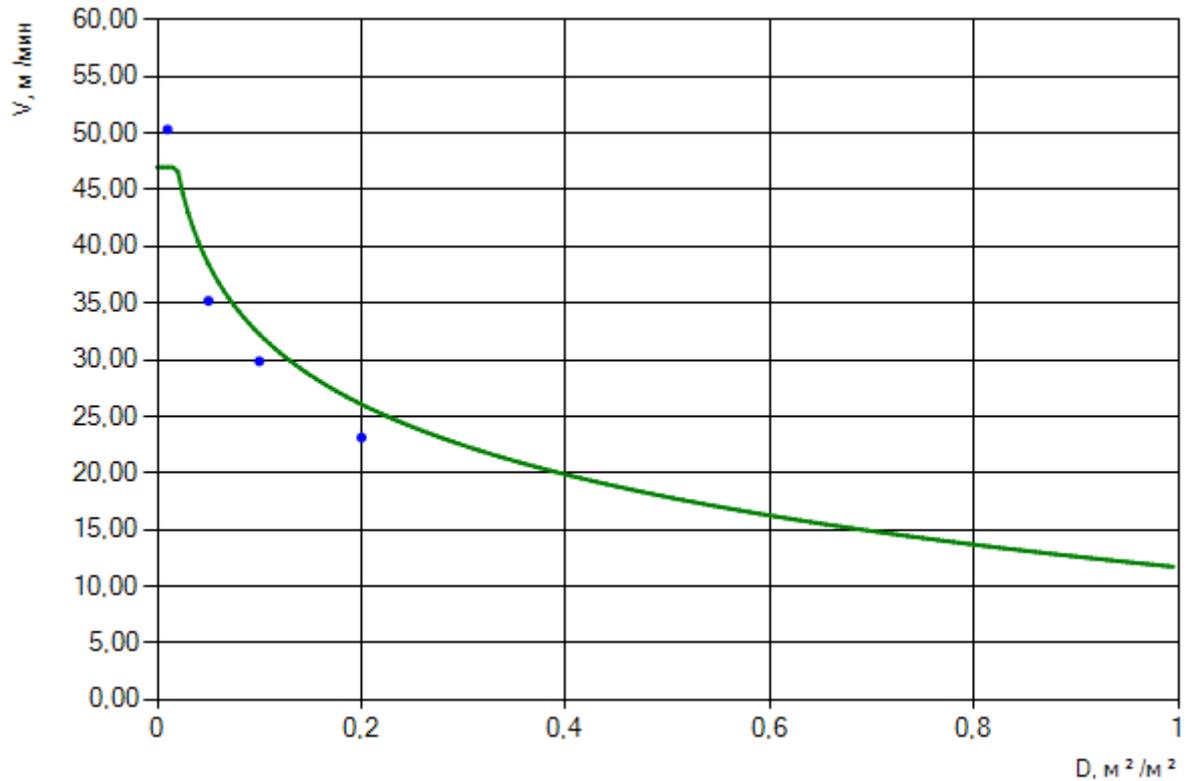


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_051.fnx](#)

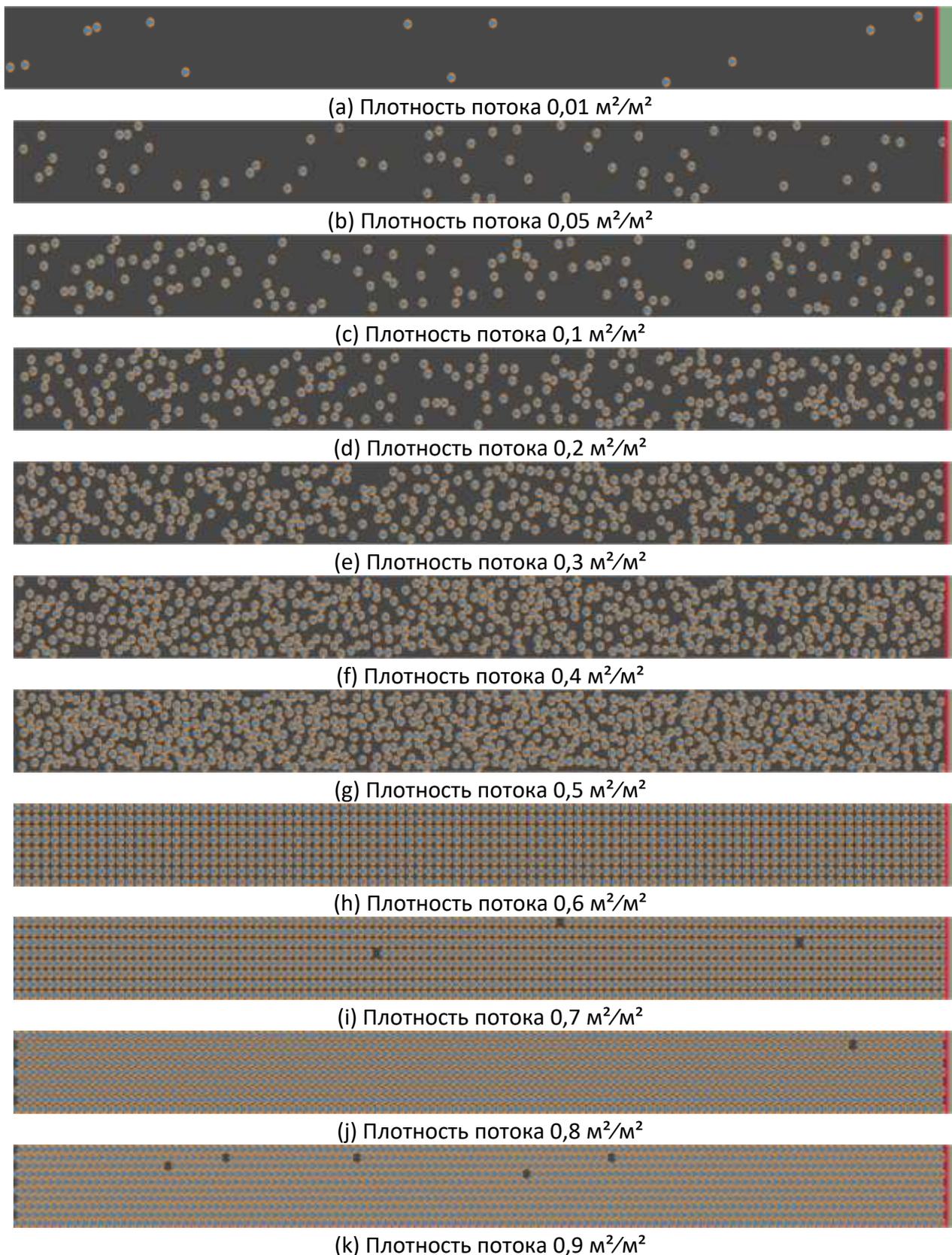


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	13	74,2	75	-1,1
2	0,05	66	73,6	75	-1,9
3	0,1	133	77,8	75	3,7
4	0,2	266	92,2	93,5	-1,4
5	0,3	400	113	110,2	2,5
6	0,4	533	127,4	126,2	1
7	0,5	666	147,2	142,2	3,5
8	0,6	800	164	158,6	3,4
9	0,7	933	185,2	175,8	5,3
10	0,8	1066	191	194,1	-1,6
11	0,9	1200	206,4	213,6	-3,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по пандусу вниз.

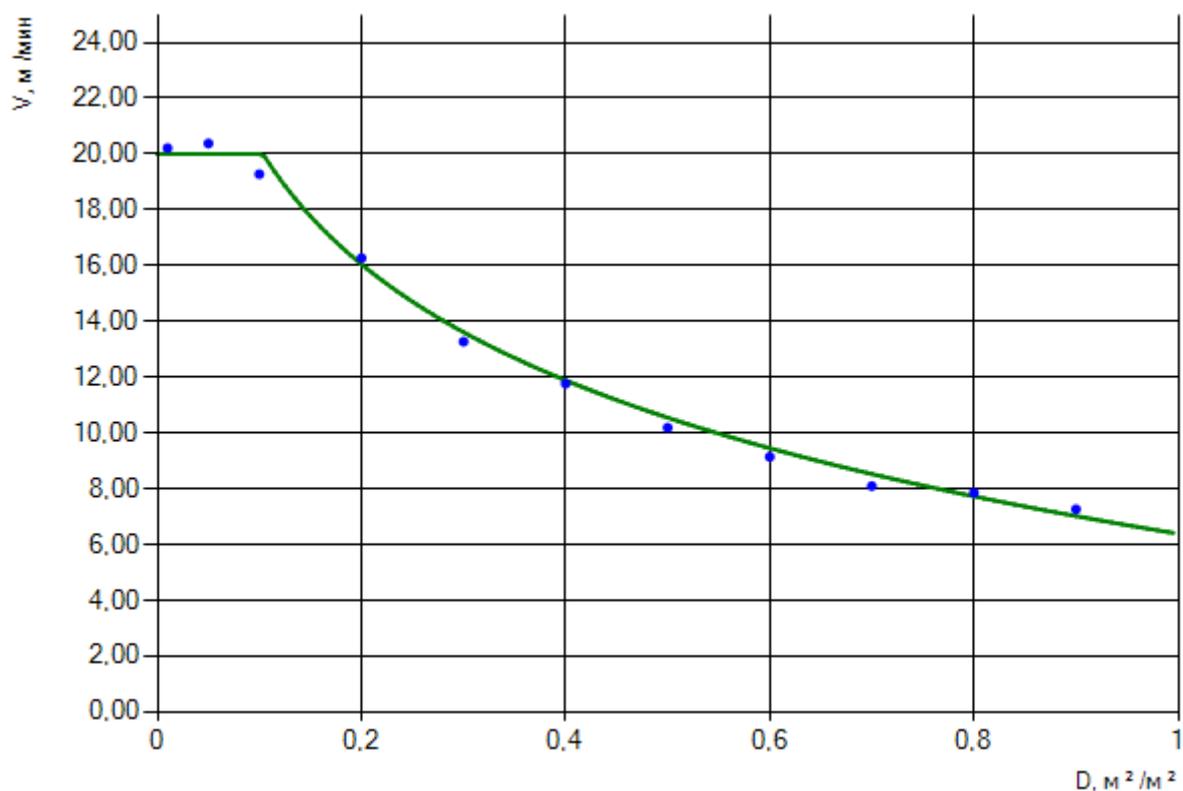


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_052.fnx](#)

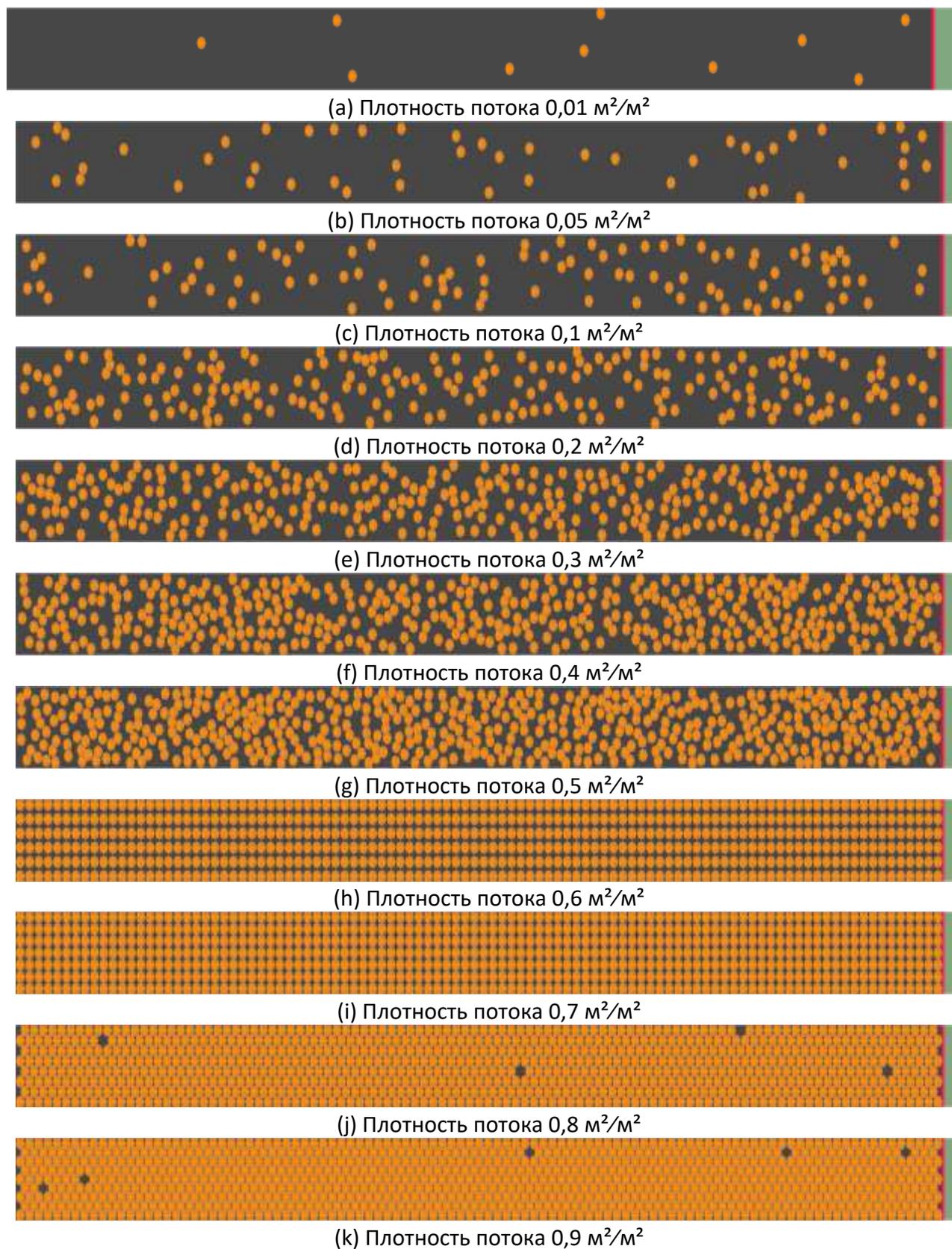


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	62,2	107,1	-41,9
2	0,05	50	102,6	107,1	-4,2
3	0,1	100	105	107,1	-2
4	0,2	200	115,2	118,3	-2,6
5	0,3	300	136,6	137,6	-0,7
6	0,4	400	153,8	155,6	-1,2
7	0,5	500	172,6	173,1	-0,3
8	0,6	600	203	190,7	6,4
9	0,7	700	214,8	208,6	3
10	0,8	800	231	227,1	1,7
11	0,9	900	243,2	246,3	-1,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по пандусу вниз.

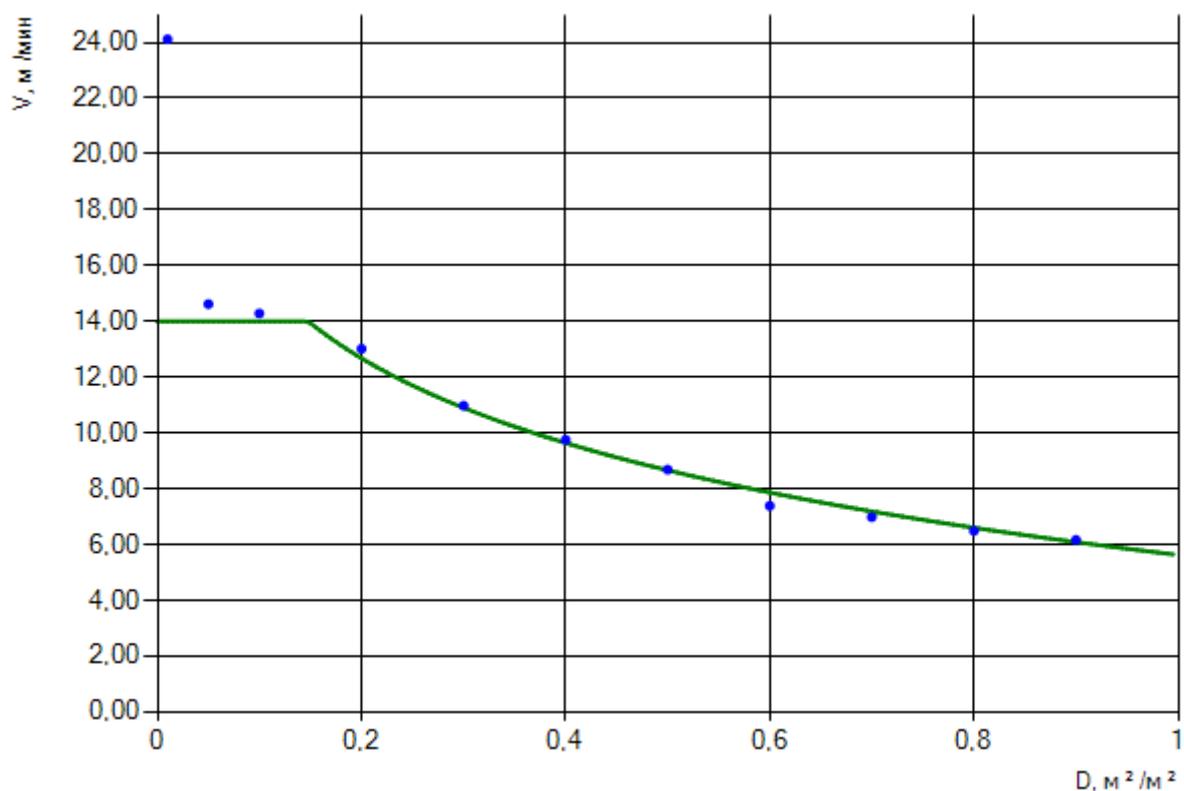


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_053.fnx](#)

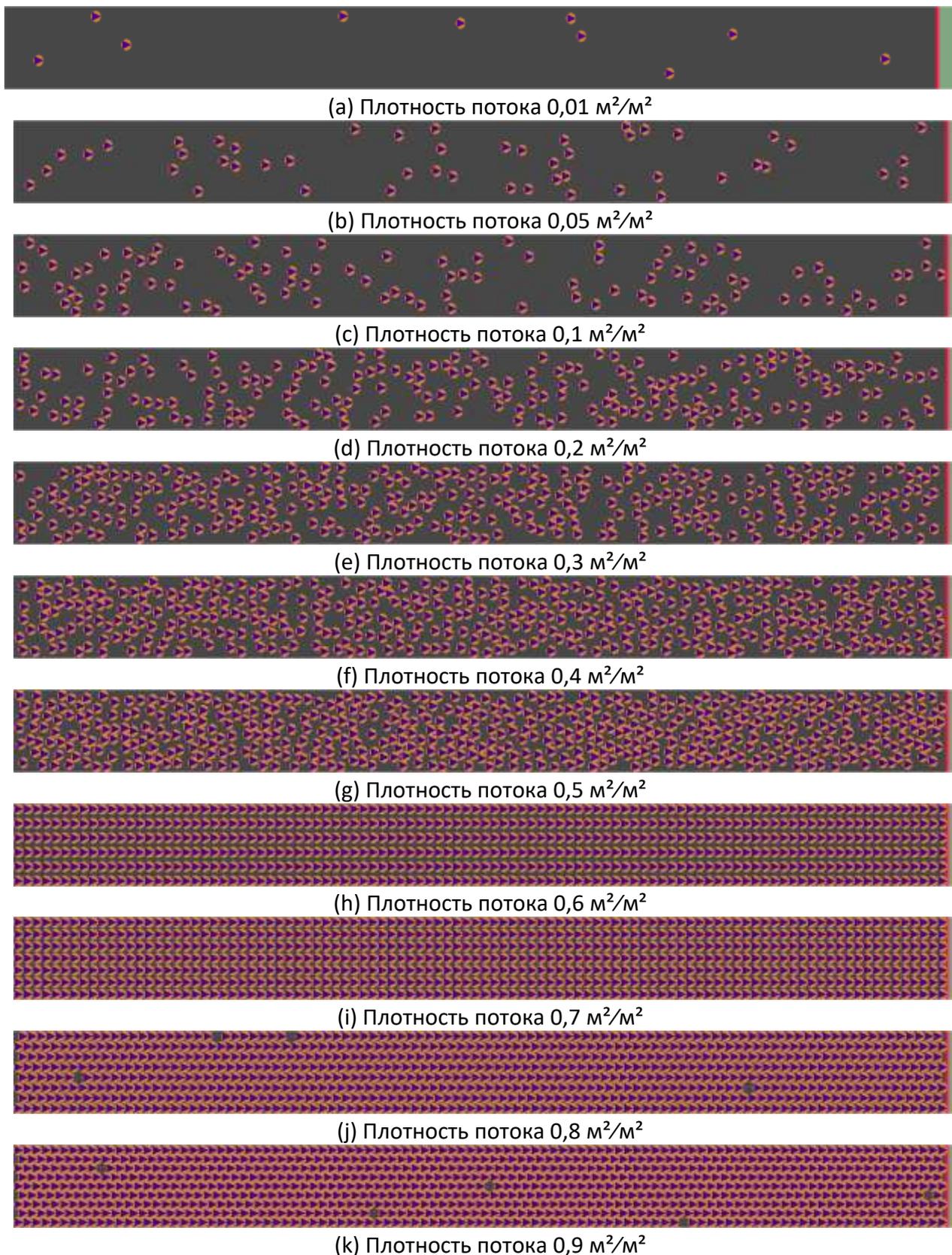


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	55,8	60	-7
2	0,05	50	58	60	-3,3
3	0,1	100	60,8	60	1,3
4	0,2	200	69,4	74,3	-6,6
5	0,3	300	92,4	90,3	2,3
6	0,4	400	107,4	106,6	0,8
7	0,5	500	124	123,9	0,1
8	0,6	600	166,6	142,9	16,6
9	0,7	700	172,8	164,2	5,2
10	0,8	800	184,6	188,5	-2,1
11	0,9	900	201	216,8	-7,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по пандусу вниз.

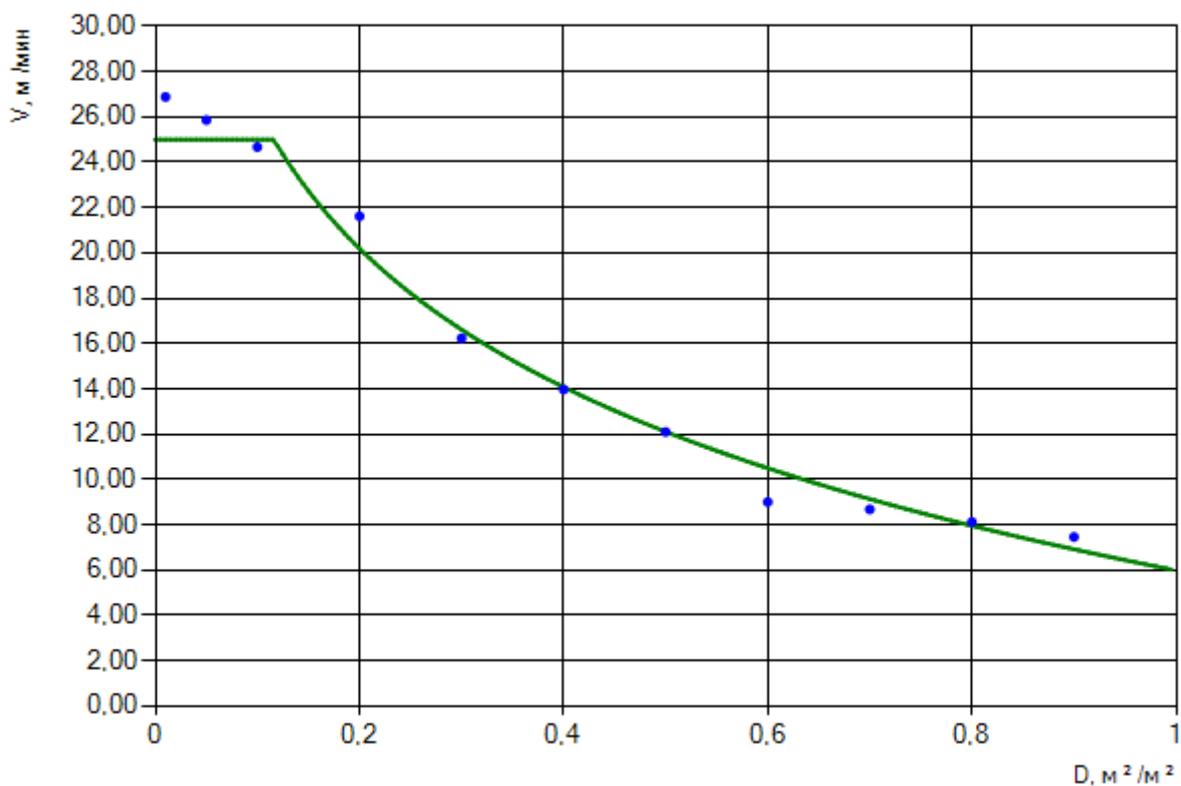


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по пандусу вниз.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_054.fnx](#)

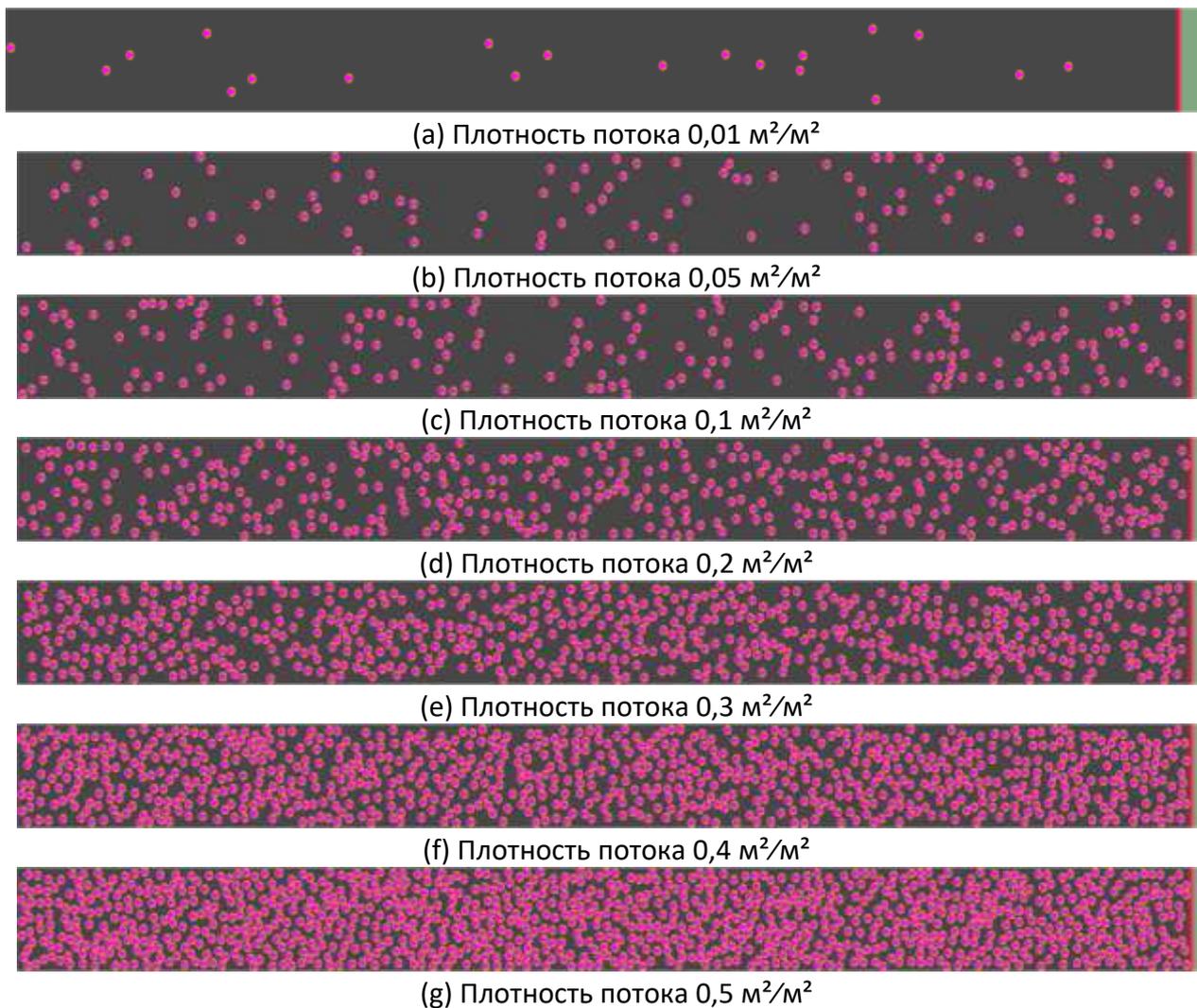


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по пандусу вниз.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	82,6	83,3	-0,8
2	0,05	100	82,2	83,3	-1,3
3	0,1	200	90,4	90,3	0,1
4	0,2	400	131,2	127,2	3,1
5	0,3	600	173,6	167,3	3,8
6	0,4	800	240	215,5	11,4
7	0,5	1000	315	277,5	13,5

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по пандусу вниз.

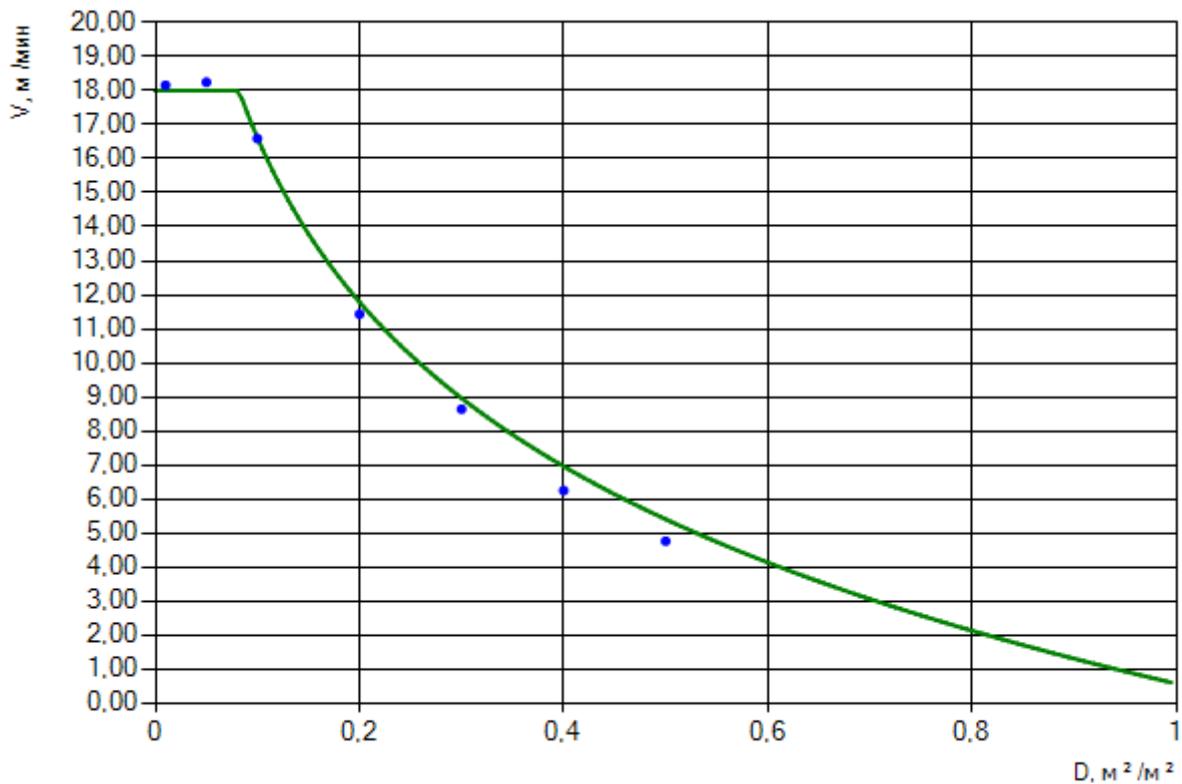


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по пандусу вниз.

Анализ результатов

Скорость движения людей по лестнице вверх при моделировании с помощью программы Fenix+ 3 хорошо соответствует зависимостям, представленным в методике.

Анализ результатов моделирования показывает, что наибольшие отклонения наблюдаются при низкой плотности (до $0,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$). Причина этого в том, что последний человек, который пересекает середину лестницы, проходит не половину длины лестницы, а меньшее расстояние, так как расположен на некотором удалении от края лестницы.

1.5. Движение по пандусу вверх

Описание группы тестов

Методика [1] не содержит информацию о зависимости скорости движения людей по пандусам различного угла наклона. Считаем, что по любым пандусам люди движутся со скоростью, определяемой выражением (1) и таблицей 1.

Сценарий представляет собой пандус шириной 4 м, высотой 30 м и длиной в проекции равной 40 м. Таким образом, длина пандуса составляет 50 м (так как скорость движения не зависит от угла наклона пандуса, указанные параметры выбраны лишь для упрощения вычислений).

На верхнем уровне пандуса расположен выход и регистратор.

На пандусе находится такое количество людей, чтобы обеспечить необходимую плотность размещения. Время начала движения всех людей равно нулю.

Время прохождения последнего человека через середину пандуса, рассчитанное с помощью программы Fenix+, сравнивается со временем, определенным по формуле:

$$t = \frac{0,5L}{V(D)} \quad (10)$$

где L - длина пандуса, а V - скорость, определенная по формуле (1).

Плотность потока определяется по формуле:

$$D = \frac{Nf}{S} \quad (11)$$

где N - количество людей на пандусе, S - площадь пандуса, а f - площадь горизонтальной проекции человека.

Были разработаны проекты для каждого контингента людей. Каждый проект состоит из нескольких сценариев (каждый сценарий соответствует определенной плотности потока).

Ожидаемые результаты

Время прохождения последнего человека через середину пандуса совпадает со временем, рассчитанным по формуле (10). Получение этого результата означает, что скорость движения людей по пандусу вниз в программах Fenix+ 3 соответствует скорости, определяемой методикой.

Результаты моделирования

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_055.fnx](#)

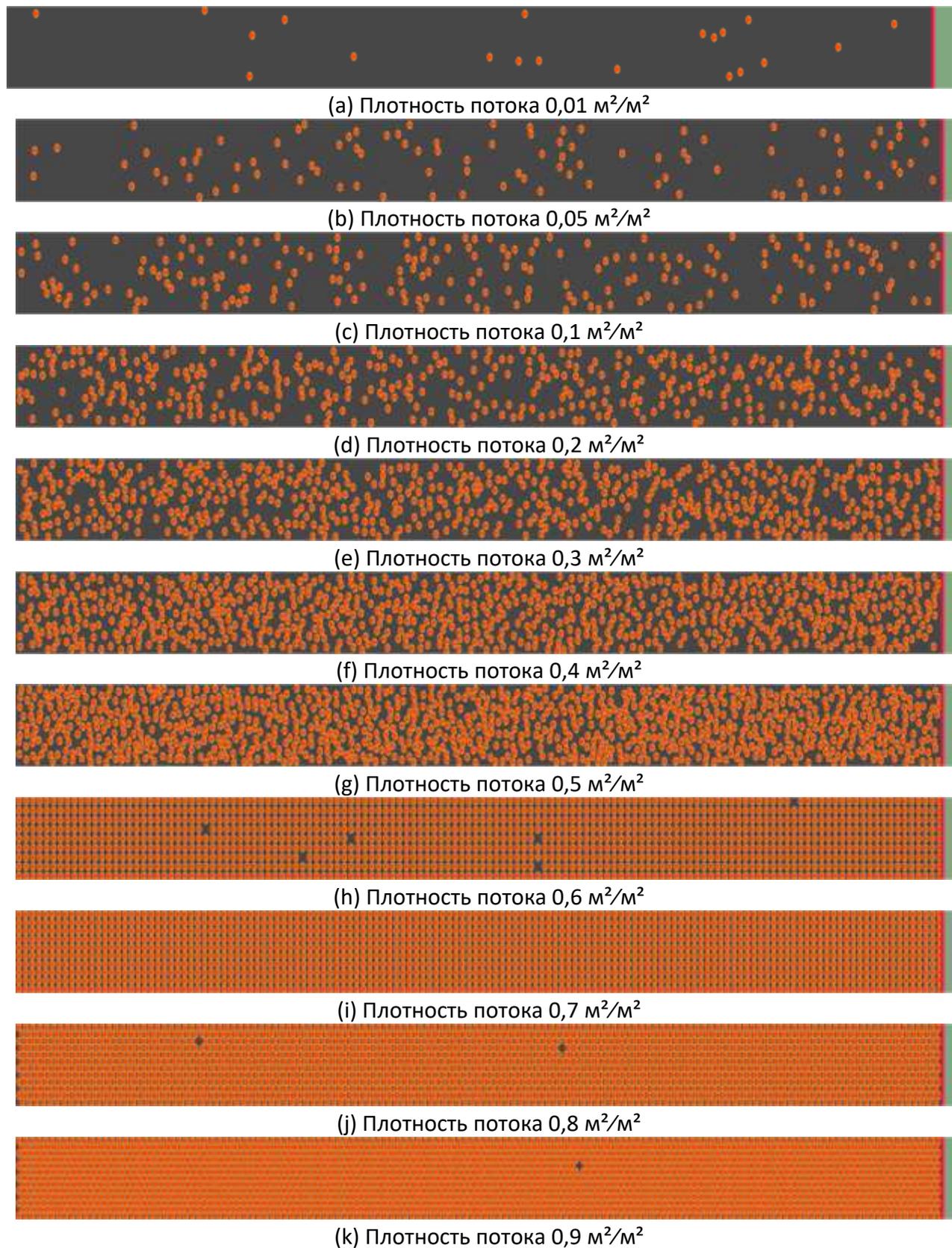


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М1" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	17,6	18,8	-6,4
2	0,05	100	18,2	18,8	-3,2
3	0,1	200	19	18,8	1,1
4	0,2	400	25,4	25	1,6
5	0,3	600	32,8	31,9	2,8
6	0,4	800	40,6	39,6	2,5
7	0,5	1000	52,2	48,7	7,2
8	0,6	1200	71,6	60,1	19,1
9	0,7	1400	85,2	74,8	13,9
10	0,8	1600	102	95	7,4
11	0,9	1800	120,6	124,7	-3,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М1" по пандусу вверх.

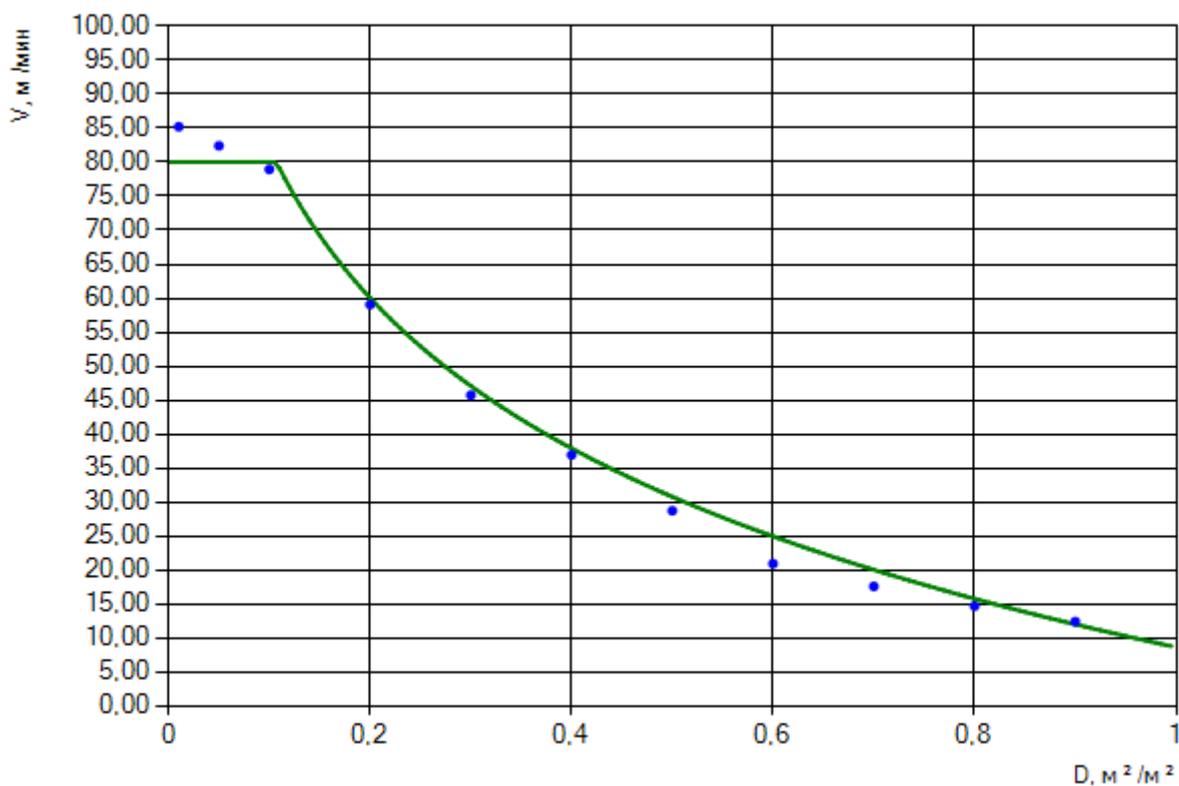


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М1" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_056.fnx](#)

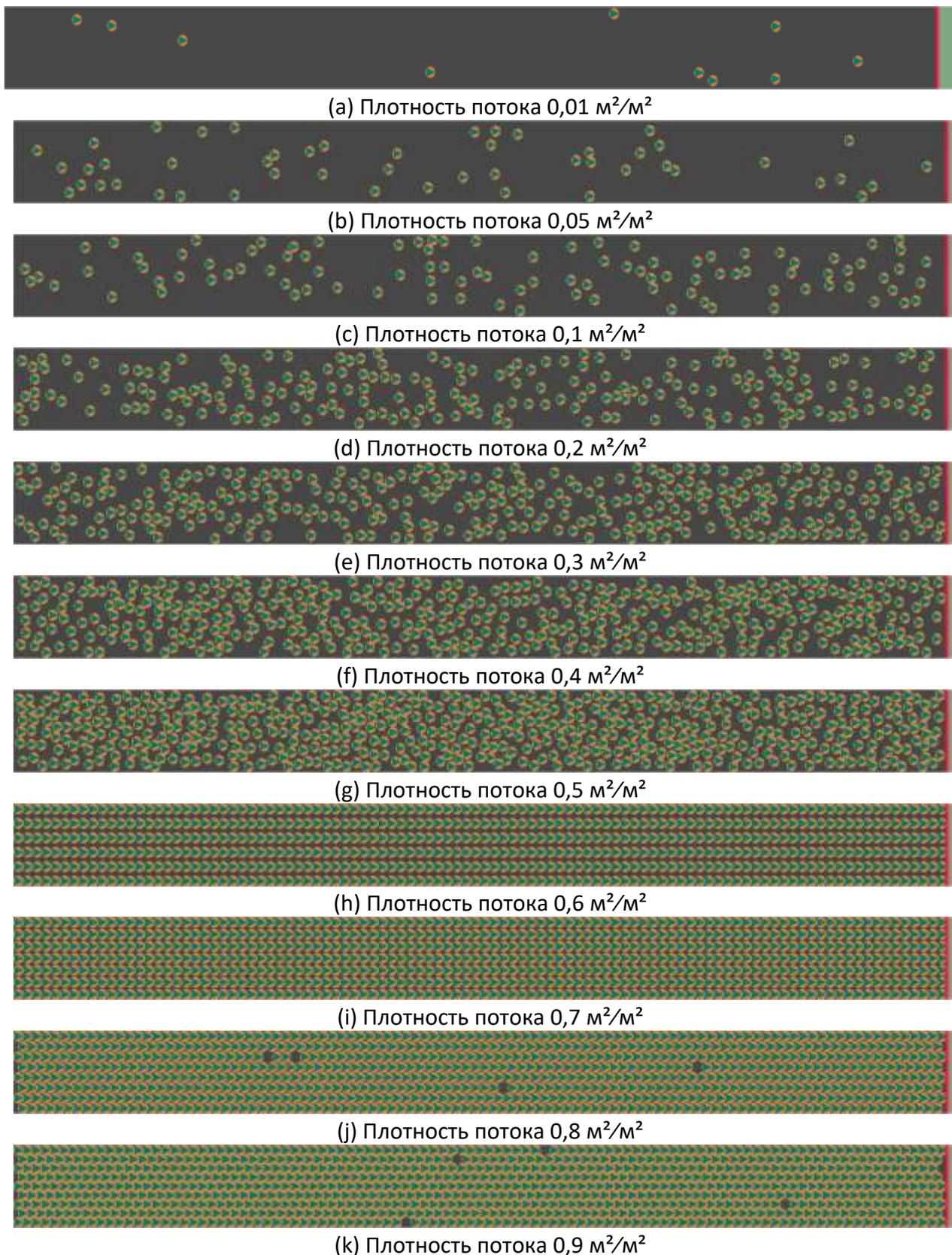


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М2" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	50,8	60	-15,3
2	0,05	50	57	60	-5
3	0,1	100	59,6	60	-0,7
4	0,2	200	64,6	68,2	-5,3
5	0,3	300	78,4	82,9	-5,4
6	0,4	400	100	97,9	2,1
7	0,5	500	116,4	113,8	2,3
8	0,6	600	147,4	131,2	12,3
9	0,7	700	152,2	150,7	1
10	0,8	800	166,2	173	-3,9
11	0,9	900	176,2	198,9	-11,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М2" по пандусу вверх.

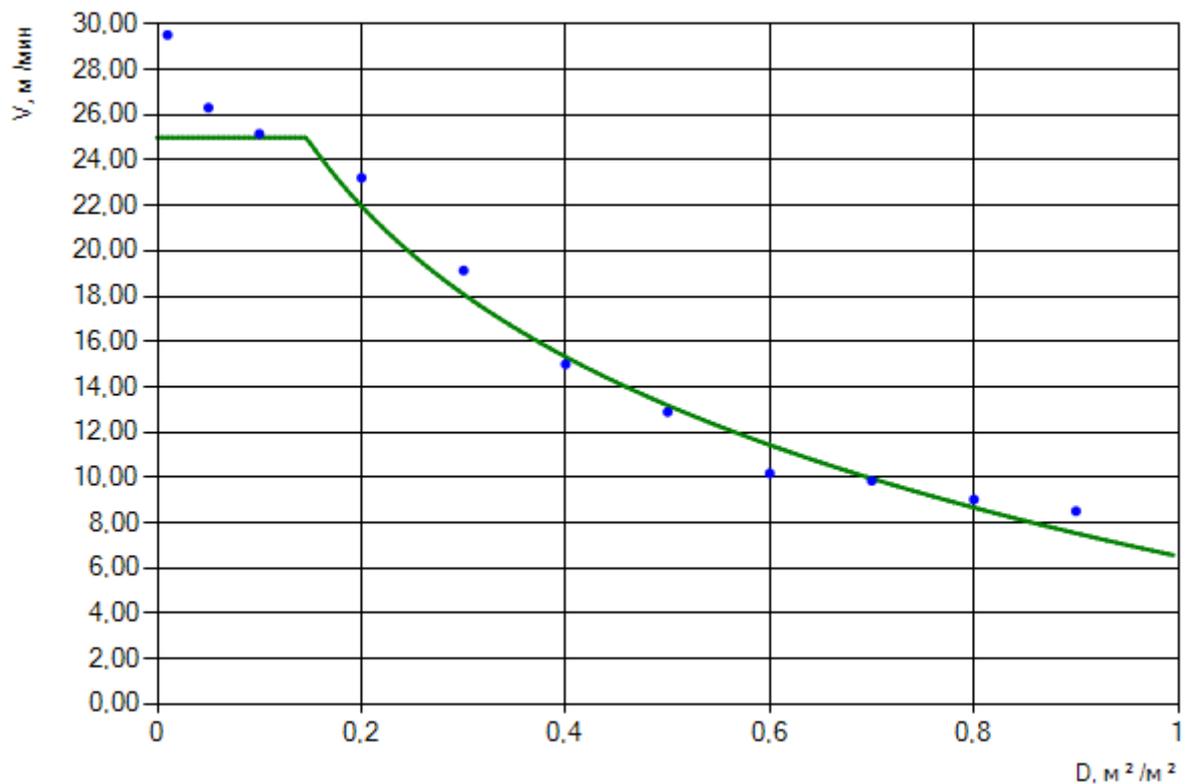


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М2" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_057.fnx](#)

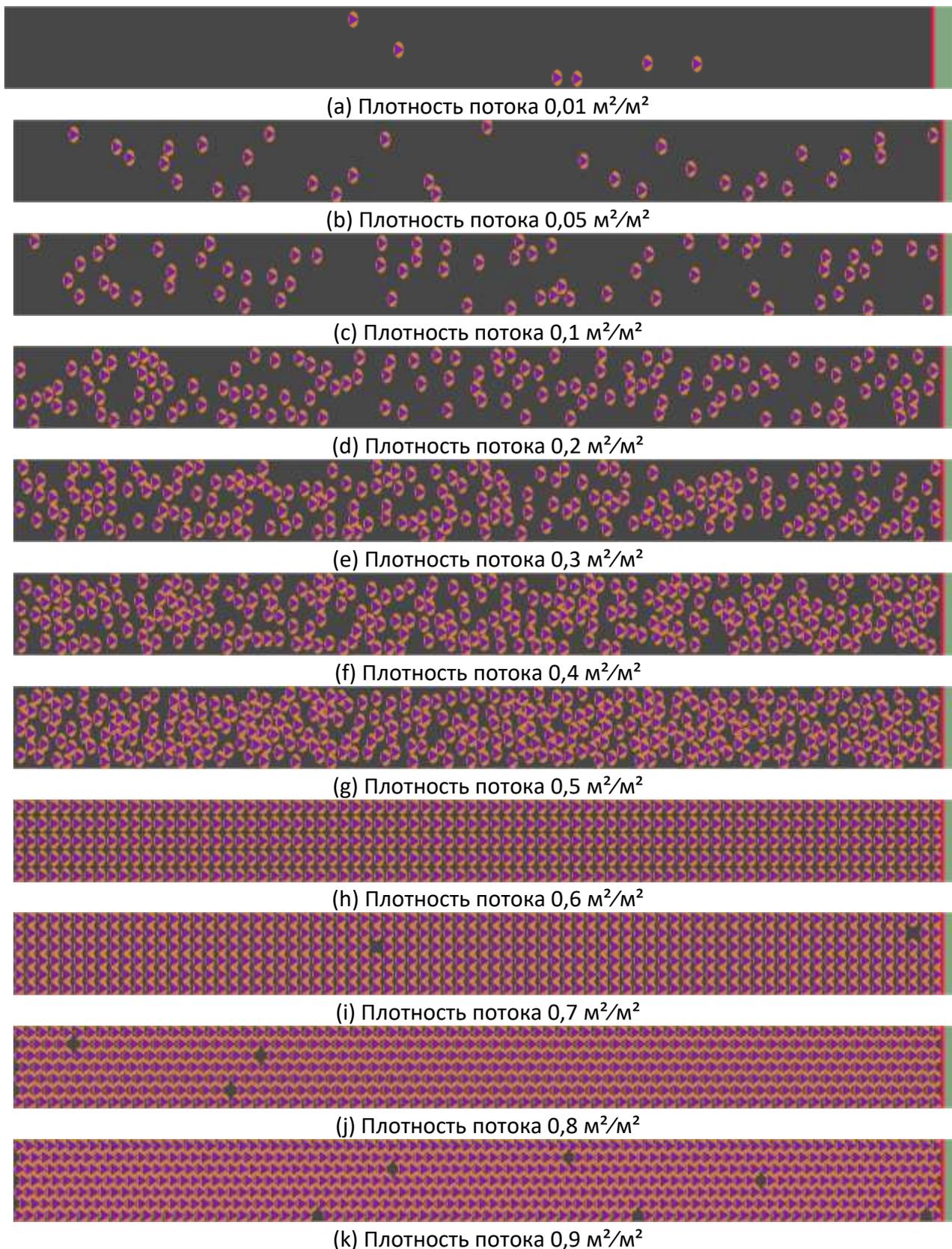


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М3" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	6	6,8	27,3	-75,1
2	0,05	33	23,8	27,3	-12,8
3	0,1	66	26,2	27,3	-4
4	0,2	133	33,4	33	1,2
5	0,3	200	45	42,2	6,6
6	0,4	266	52,8	52,6	0,4
7	0,5	333	68,8	65,1	5,7
8	0,6	400	90,6	80,8	12,1
9	0,7	466	106,4	101,4	4,9
10	0,8	533	130,8	130,3	0,4
11	0,9	600	156	173,9	-10,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М3" по пандусу вверх.

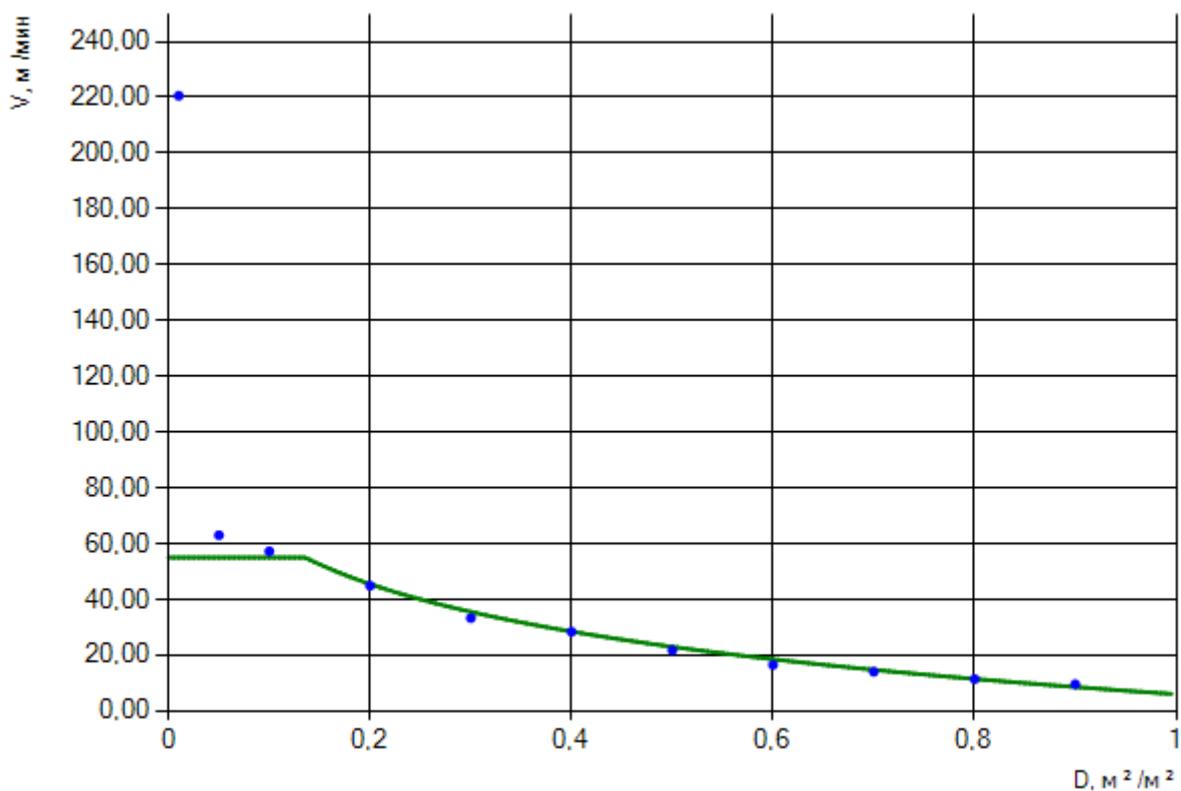


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М3" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_058.fnx](#)

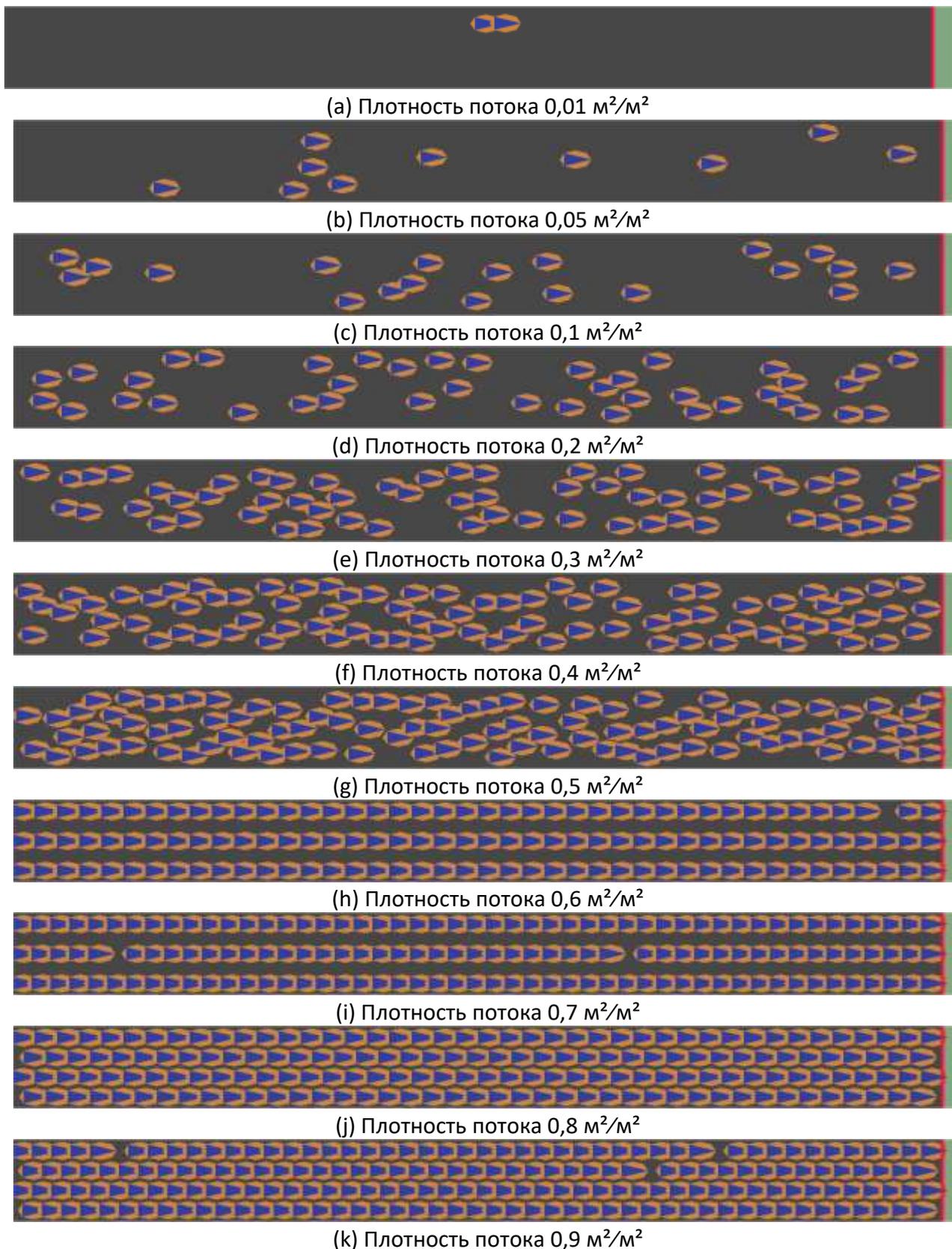


Рис. 1. Движение потока людей контингента "М4" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	2	0	37,5	-100
2	0,05	10	25,4	37,5	-32,3
3	0,1	20	35,2	37,5	-6,1
4	0,2	41	38	42,7	-11
5	0,3	62	53,2	53	0,4
6	0,4	83	70,4	63,8	10,3
7	0,5	104	82,6	76	8,7
8	0,6	125	92	89,9	2,3
9	0,7	145	115,2	106,4	8,3
10	0,8	166	141,2	126,6	11,5
11	0,9	187	148,4	152	-2,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "М4" по пандусу вверх.

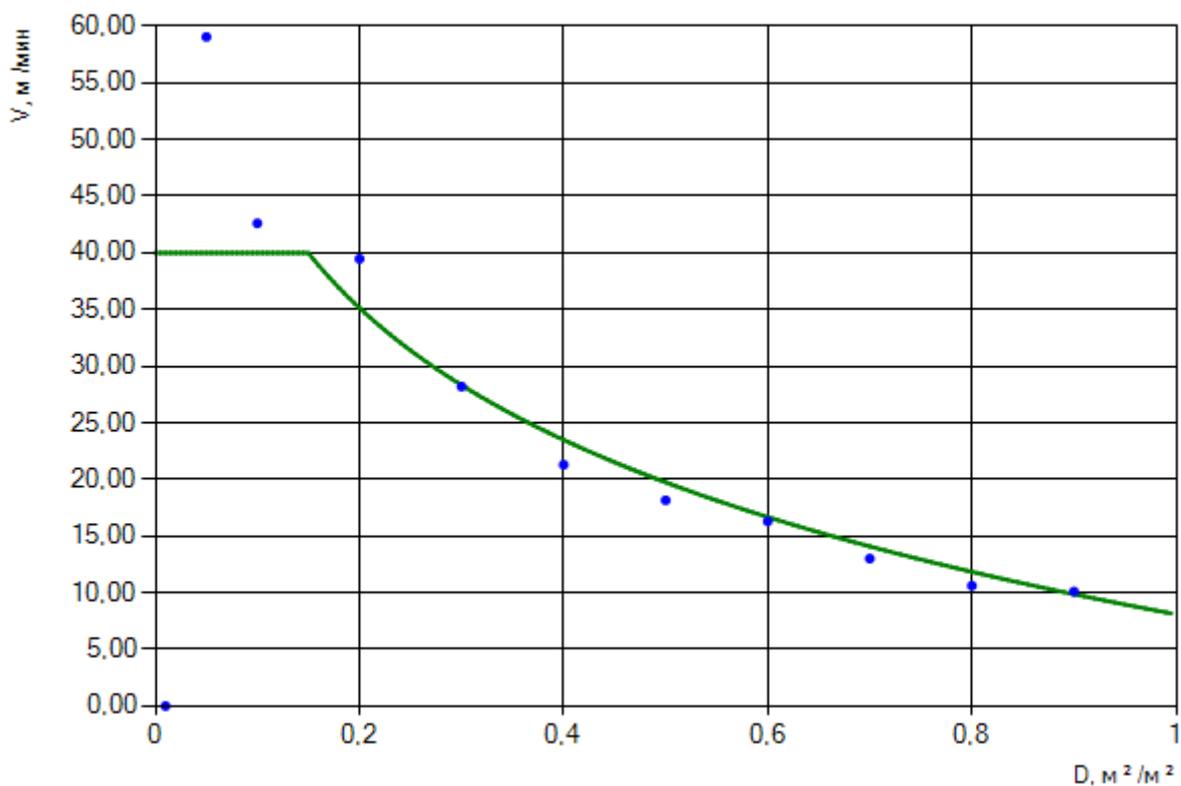


Рис. 2. Движение потока людей контингента "М4" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_059.fnx](#)

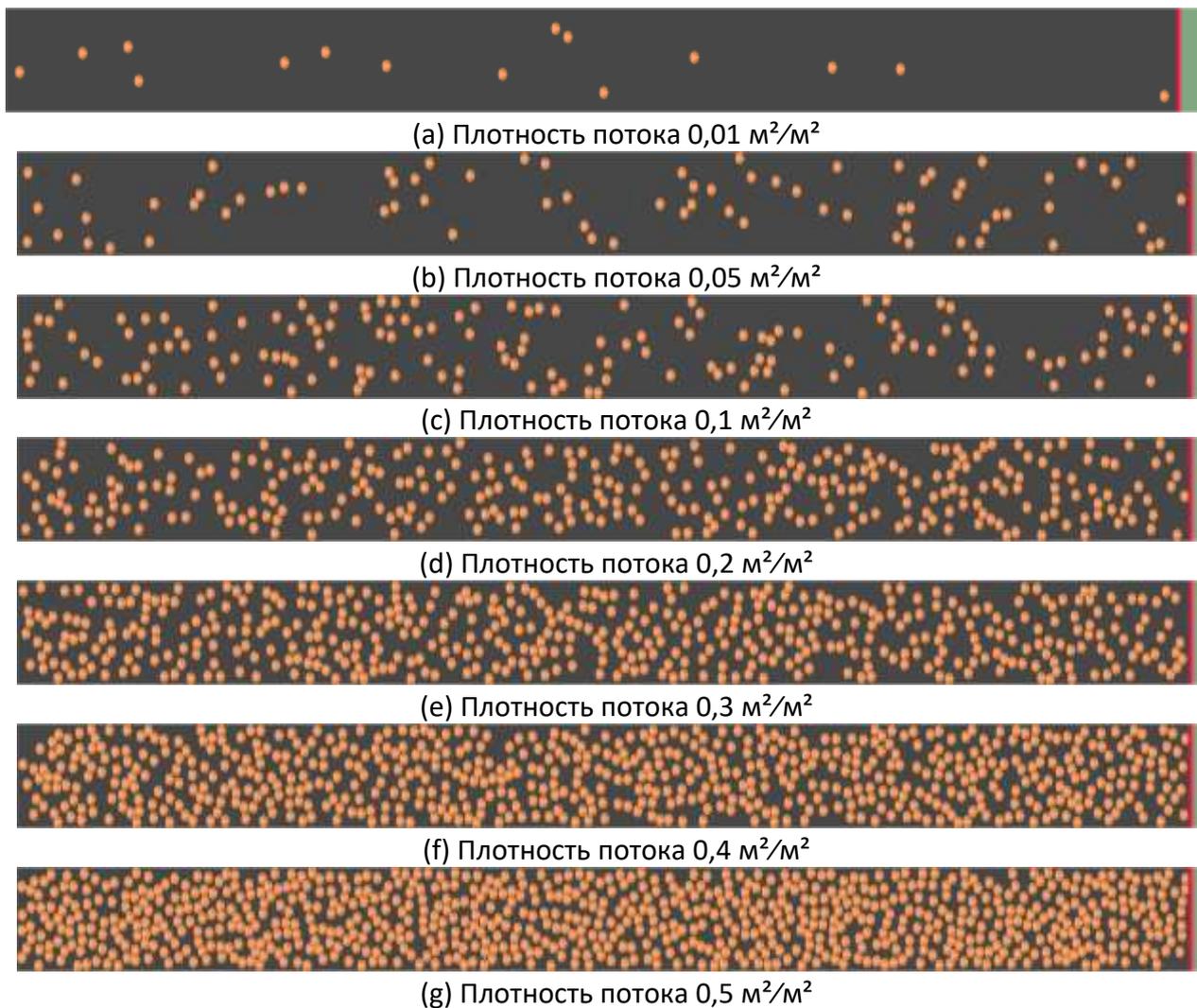


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	15	73,4	75	-2,1
2	0,05	76	73,8	75	-1,6
3	0,1	153	73,8	75	-1,6
4	0,2	307	74	75	-1,3
5	0,3	461	74,2	75	-1,1
6	0,4	615	74,4	75	-0,8
7	0,5	769	74,4	75	-0,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по пандусу вверх.

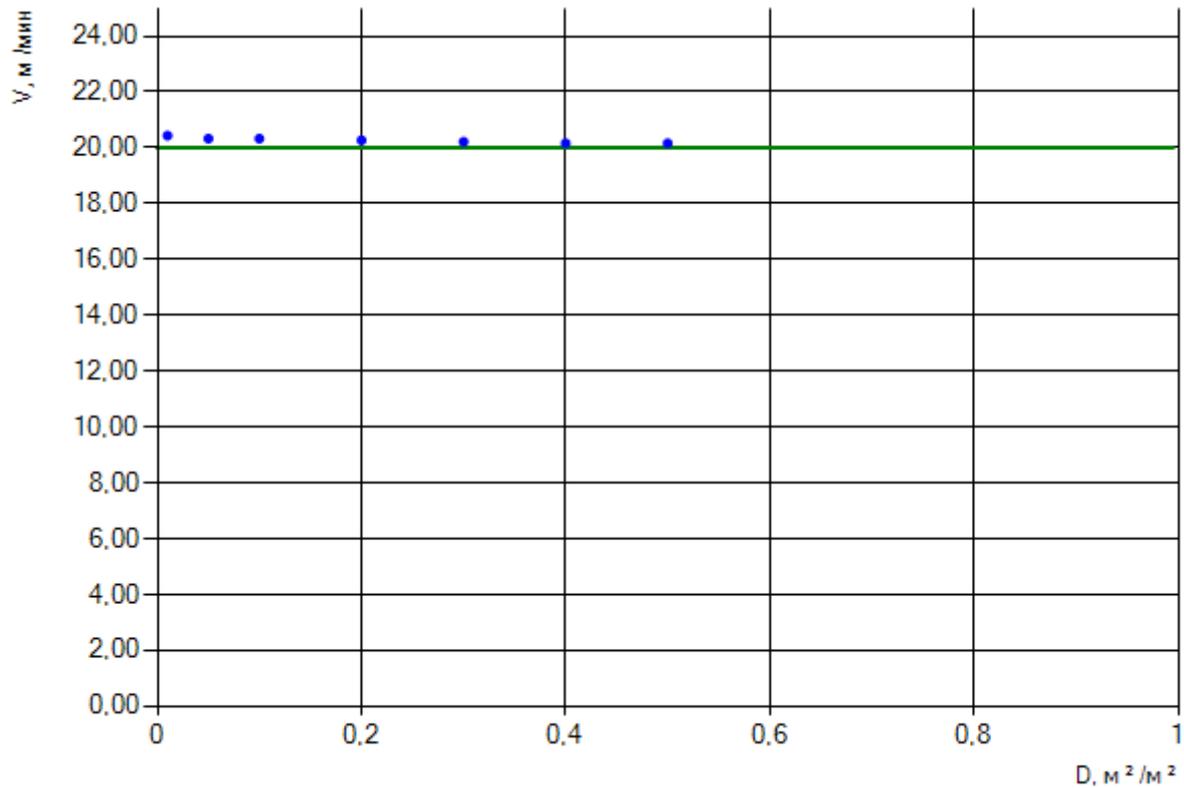


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Беременные женщины" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_060.fnx](#)

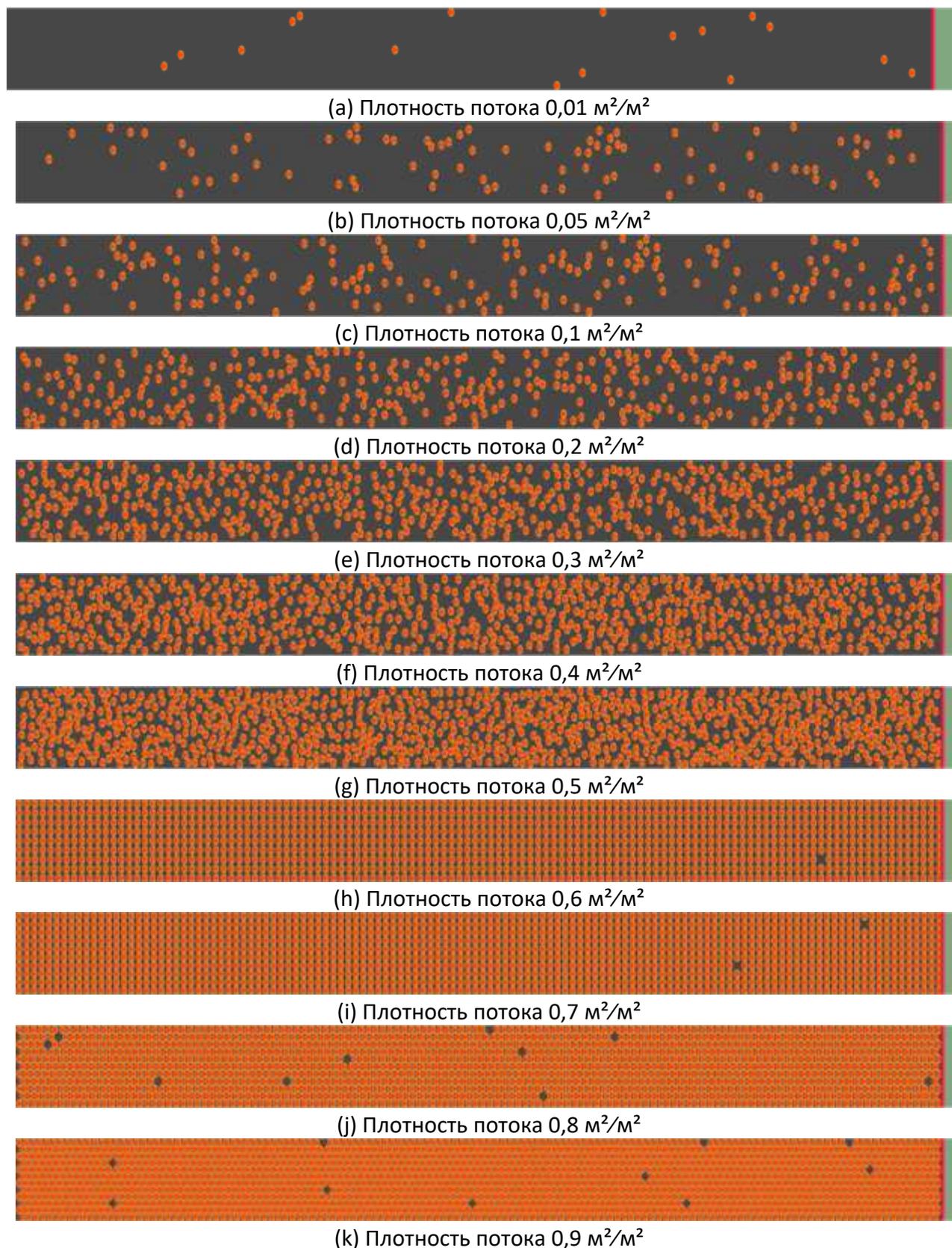


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	17	12,4	18,8	-34
2	0,05	88	17,6	18,8	-6,4
3	0,1	176	18,6	18,8	-1,1
4	0,2	353	26,2	25	4,8
5	0,3	530	32,6	31,9	2,2
6	0,4	707	40,2	39,6	1,5
7	0,5	884	52,8	48,7	8,4
8	0,6	1061	64,6	60,1	7,5
9	0,7	1238	85	74,8	13,6
10	0,8	1415	102,6	95	8
11	0,9	1592	120,4	124,7	-3,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по пандусу вверх.

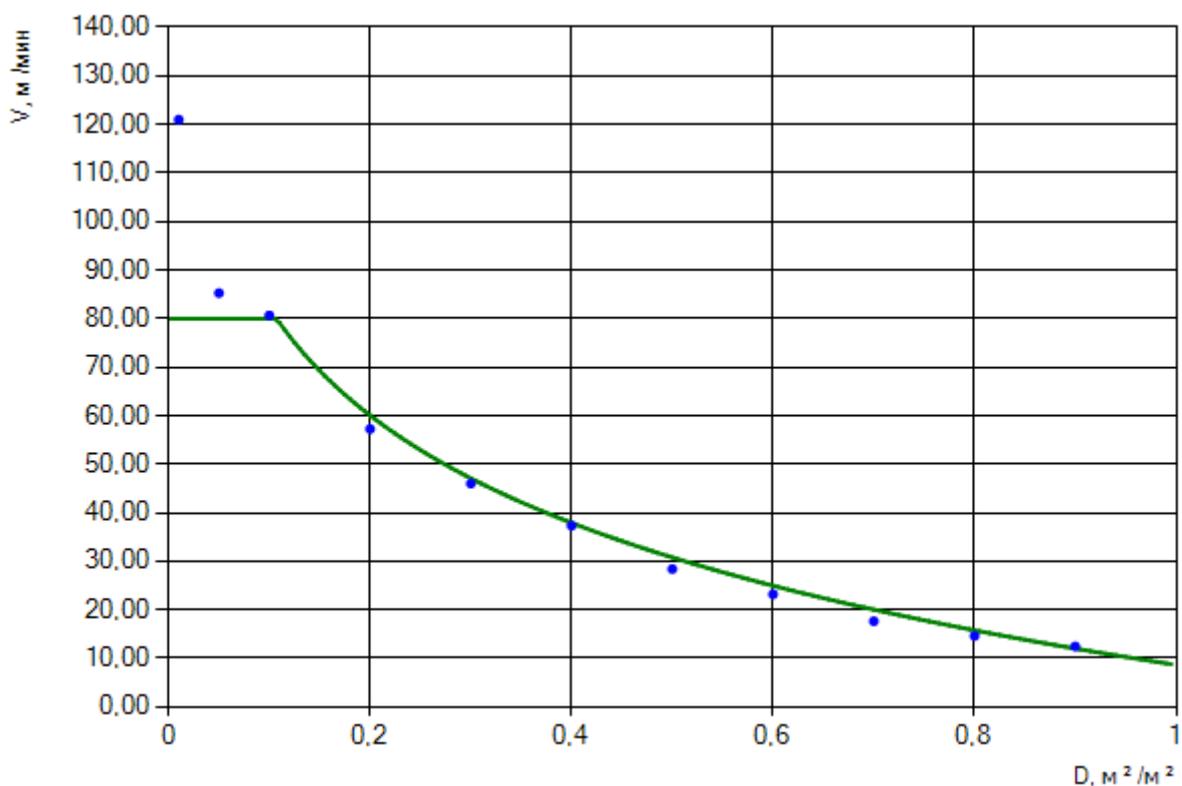


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в весенне-осенней одежде" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_061.fnx](#)

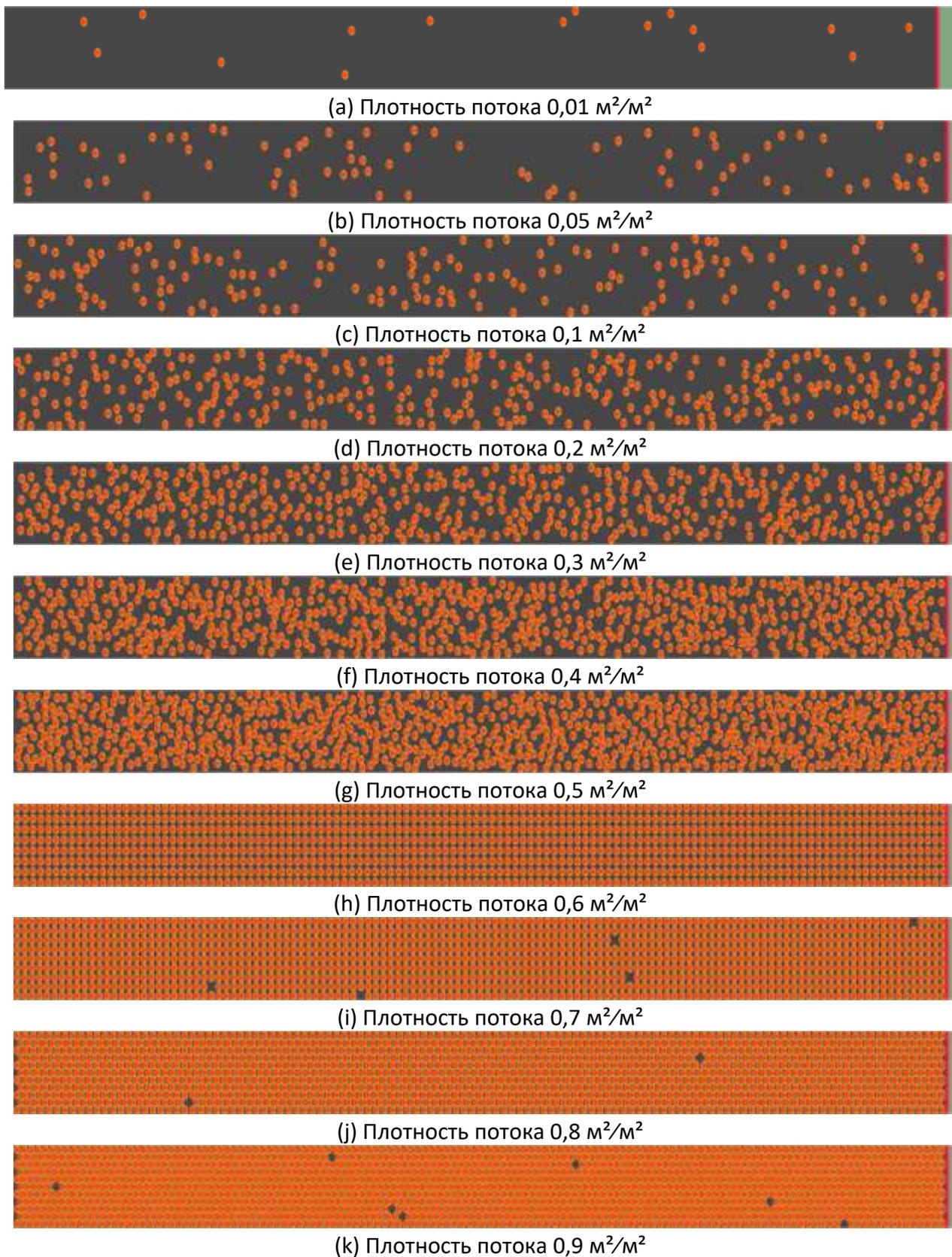


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	16	15,6	18,8	-17
2	0,05	80	18,2	18,8	-3,2
3	0,1	160	19,6	18,8	4,3
4	0,2	320	24	25	-4
5	0,3	480	33,2	31,9	4,1
6	0,4	640	40,4	39,6	2
7	0,5	800	51,6	48,7	6
8	0,6	960	71,6	60,1	19,1
9	0,7	1120	84,4	74,8	12,8
10	0,8	1280	101,2	95	6,5
11	0,9	1440	120,4	124,7	-3,4

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по пандусу вверх.

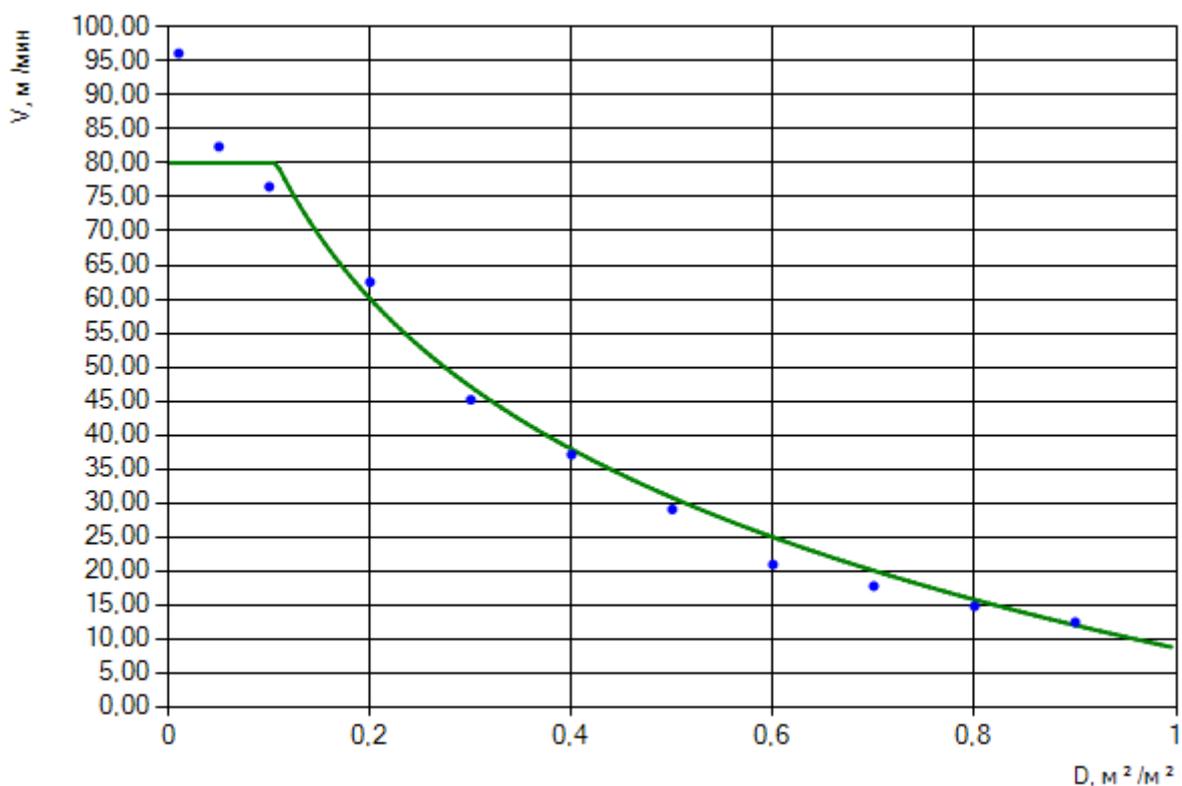


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в зимней одежде" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_062.fnx](#)

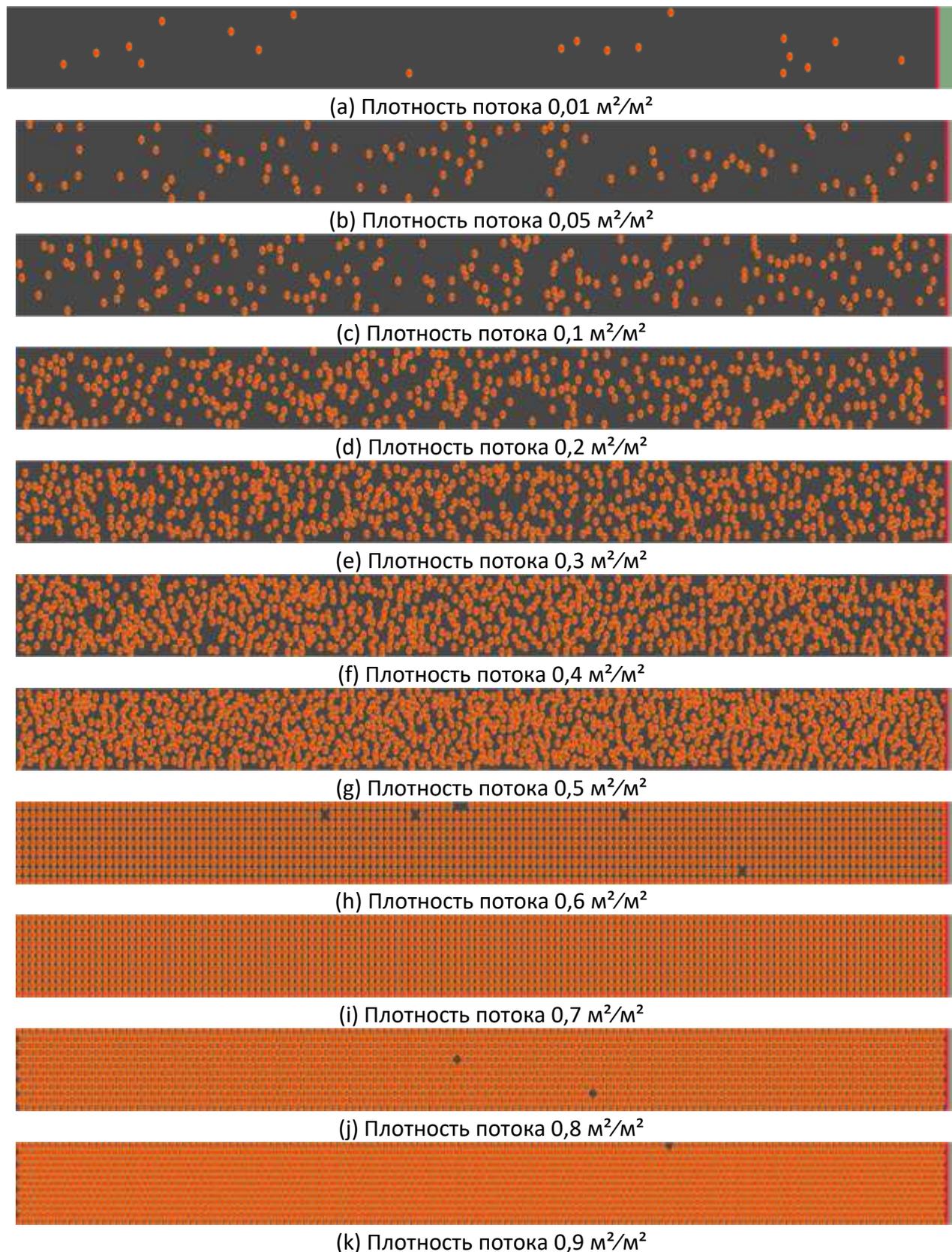


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	16,6	18,8	-11,7
2	0,05	100	18,2	18,8	-3,2
3	0,1	200	18,8	18,8	0
4	0,2	400	25,6	25	2,4
5	0,3	600	32,6	31,9	2,2
6	0,4	800	40,4	39,6	2
7	0,5	1000	51,4	48,7	5,5
8	0,6	1200	71	60,1	18,1
9	0,7	1400	85,2	74,8	13,9
10	0,8	1600	102,2	95	7,6
11	0,9	1800	119,6	124,7	-4,1

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по пандусу вверх.

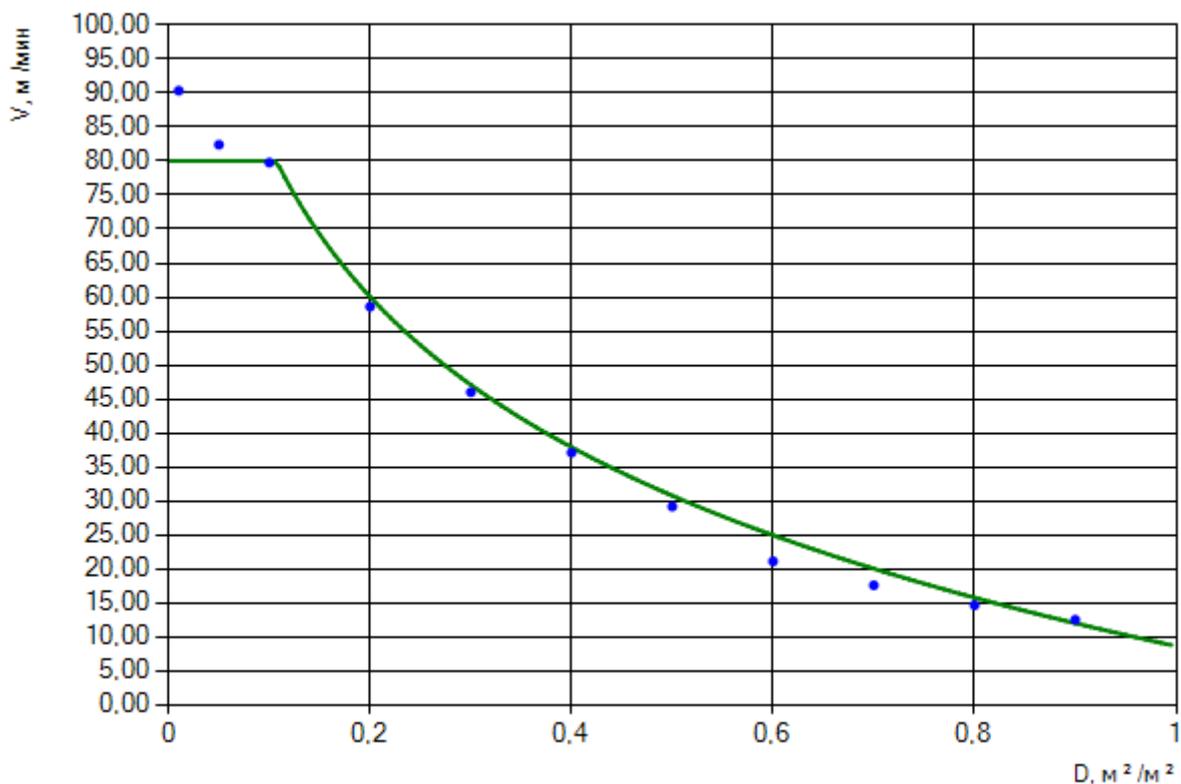


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Взрослый человек в летней одежде" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_063.fnx](#)

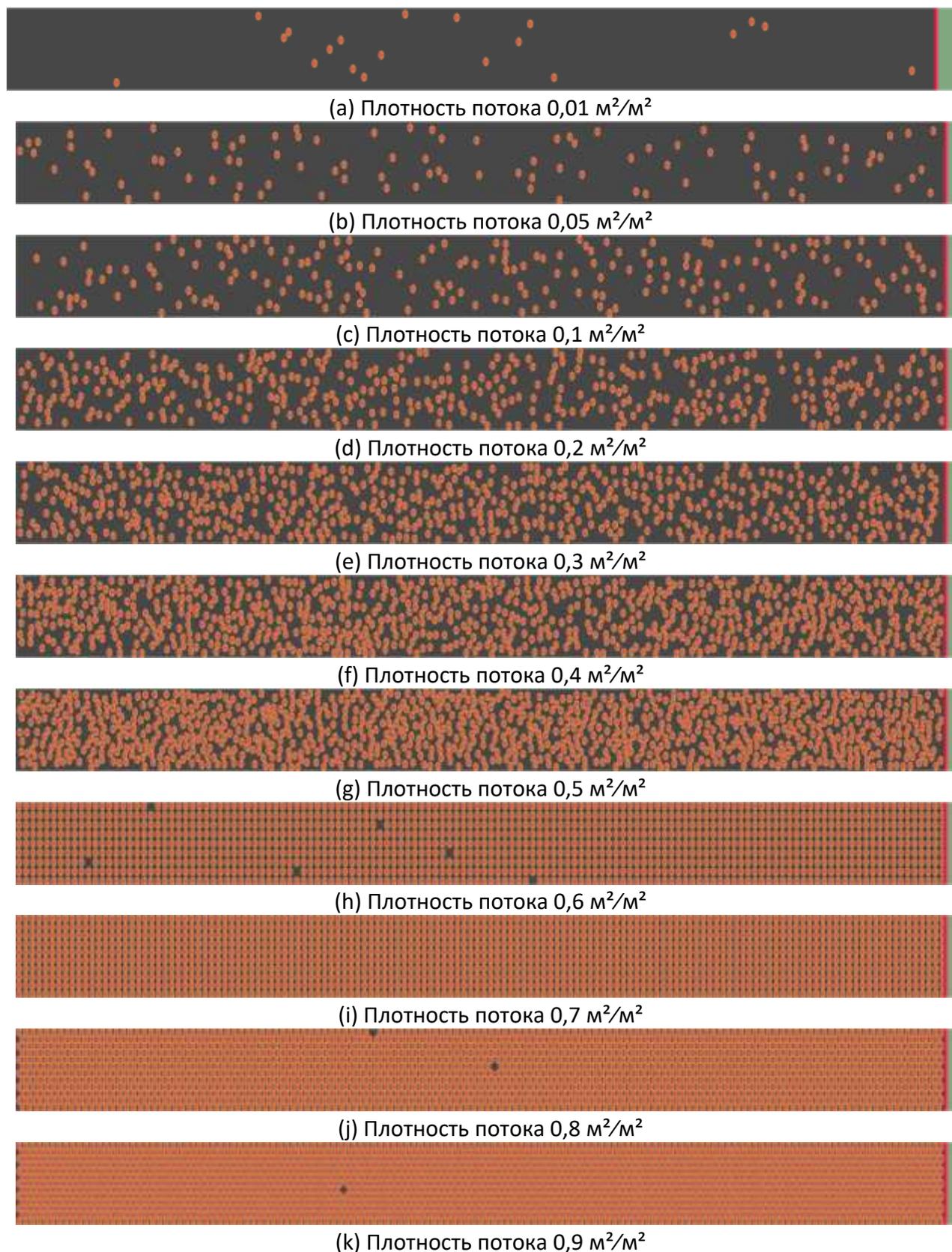


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	21,4	27,8	-23
2	0,05	100	28,4	27,8	2,2
3	0,1	200	29	31,3	-7,3
4	0,2	400	47,2	42,8	10,3
5	0,3	600	61,4	54,6	12,5
6	0,4	800	73,6	67,7	8,7
7	0,5	1000	93	83,3	11,6
8	0,6	1200	128,8	102,6	25,5
9	0,7	1400	164	127,7	28,4
10	0,8	1600	188	161,8	16,2
11	0,9	1800	209,8	211,8	-0,9

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по пандусу вверх.

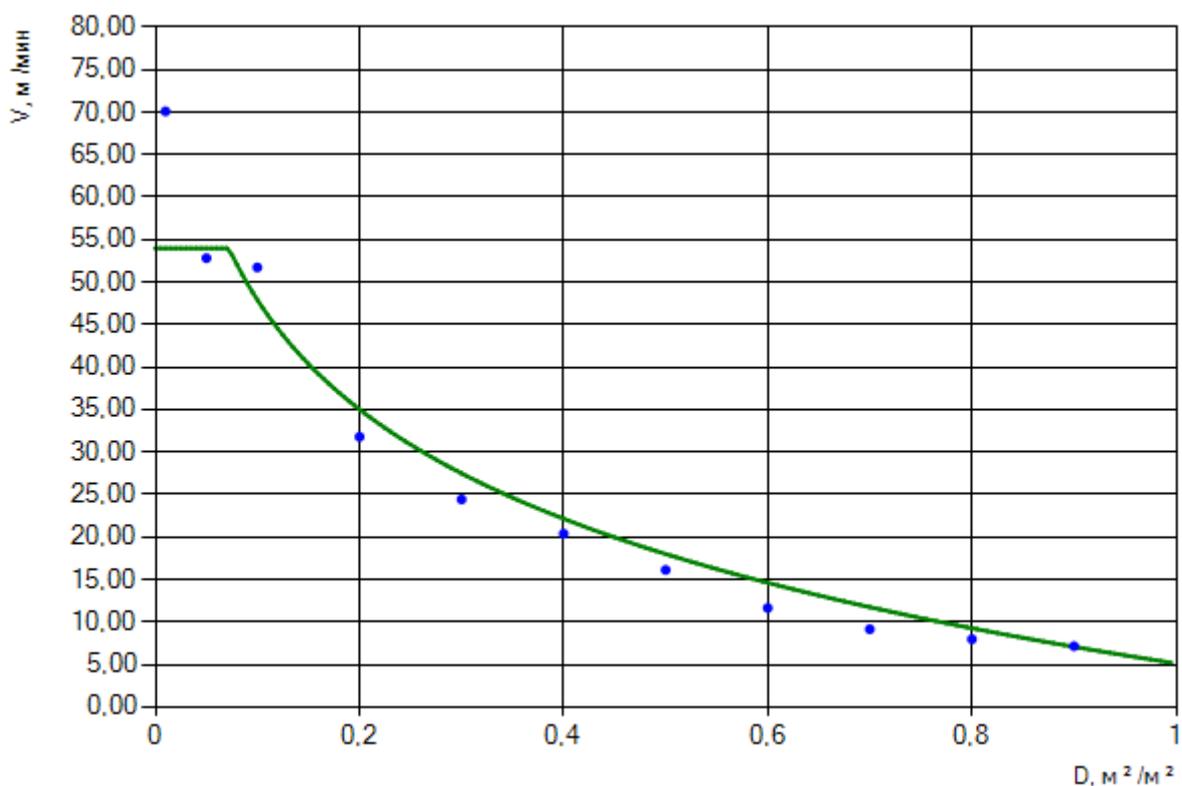


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Глухие и слабослышащие люди" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_064.fnx](#)



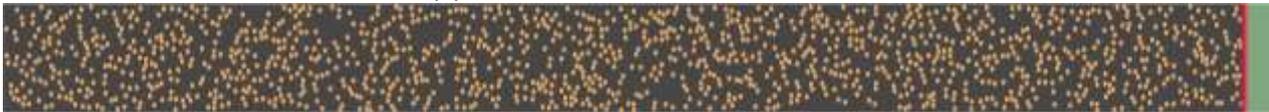
(a) Плотность потока 0,01 м²/м²



(b) Плотность потока 0,05 м²/м²



(c) Плотность потока 0,1 м²/м²



(d) Плотность потока 0,2 м²/м²

Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Feñix+ 3	Методика	
1	0,01	66	31,4	31,9	-1,6
2	0,05	333	40,8	39	4,6
3	0,1	666	51	46,5	9,7
4	0,2	1333	64,6	57,5	12,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по пандусу вверх.

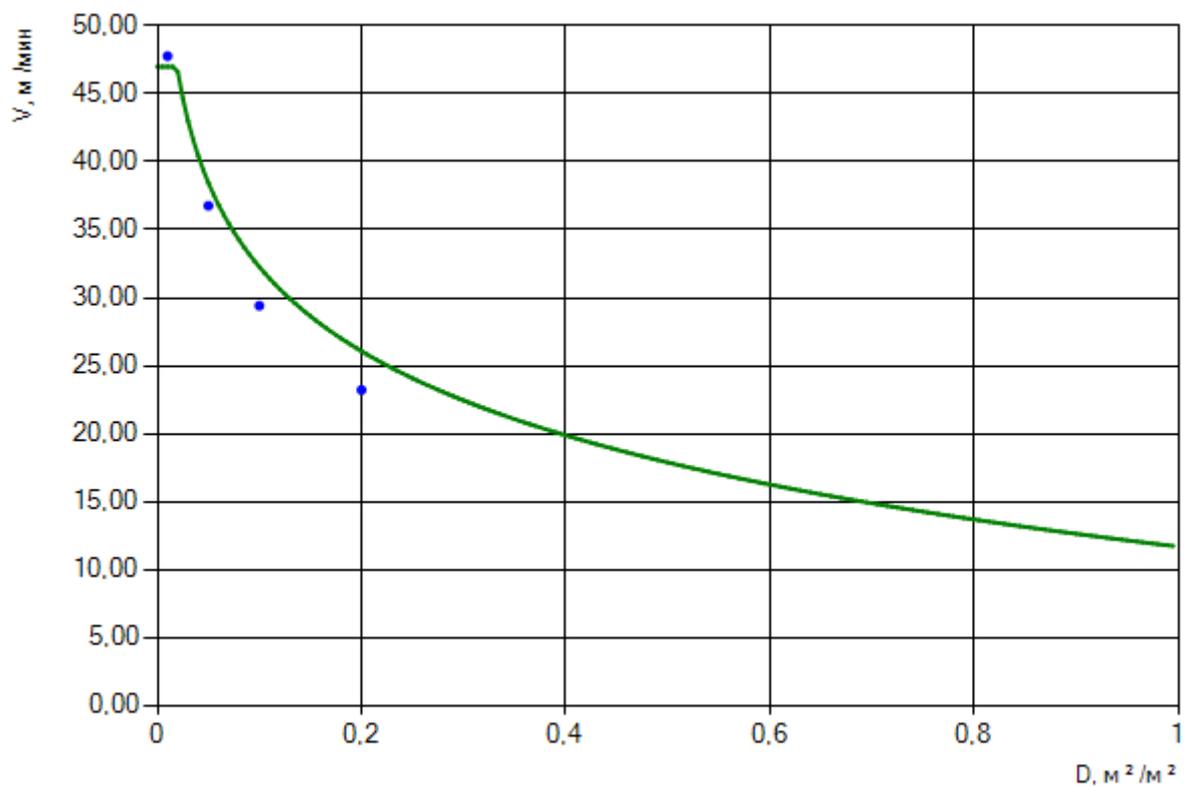


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети дошкольного возраста" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_065.fnx](#)

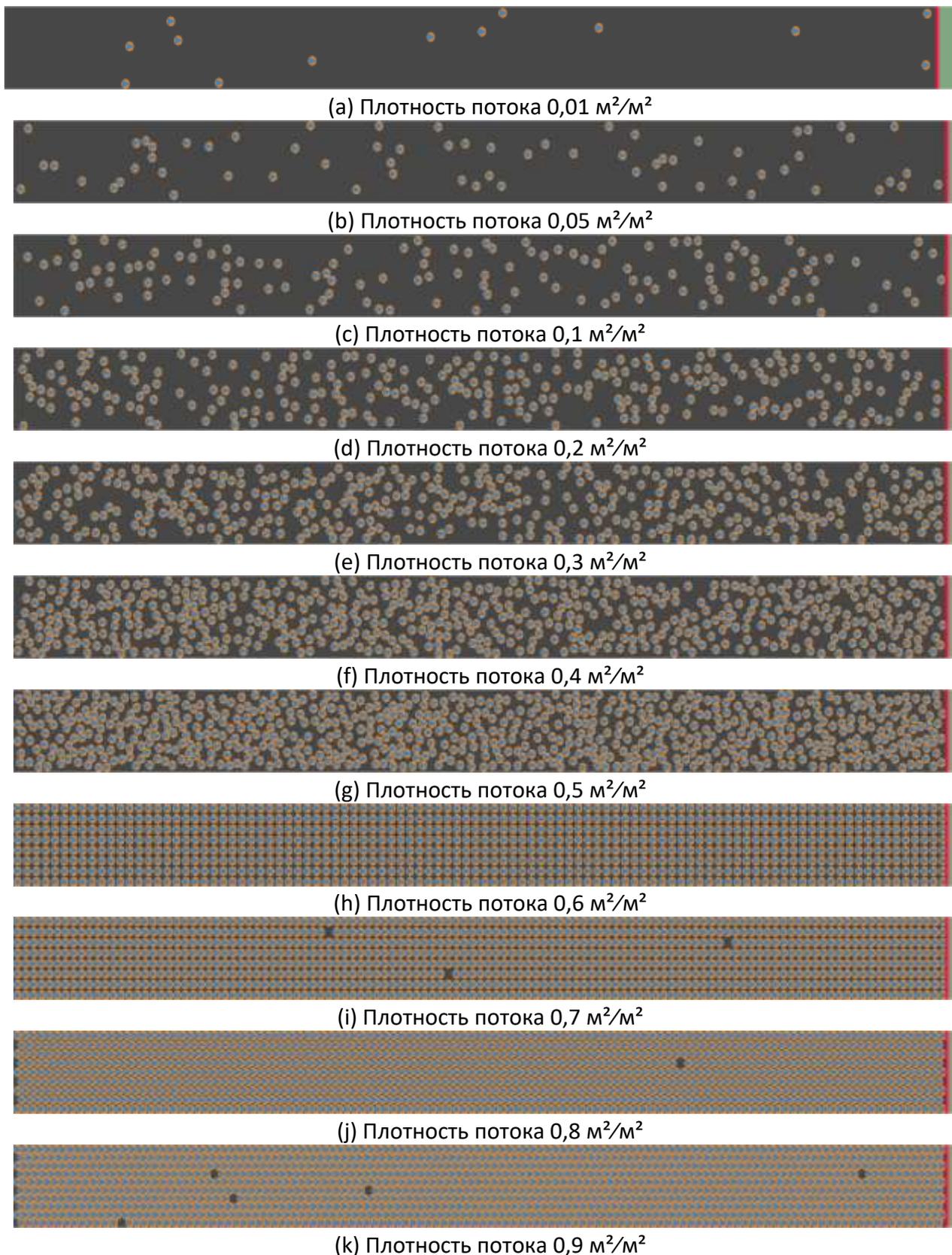


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	13	55,6	75	-25,9
2	0,05	66	74	75	-1,3
3	0,1	133	73,8	75	-1,6
4	0,2	266	89,6	93,5	-4,2
5	0,3	400	112,6	110,2	2,2
6	0,4	533	132,8	126,2	5,2
7	0,5	666	147	142,2	3,4
8	0,6	800	164	158,6	3,4
9	0,7	933	187	175,8	6,4
10	0,8	1066	191,4	194,1	-1,4
11	0,9	1200	206,6	213,6	-3,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по пандусу вверх.

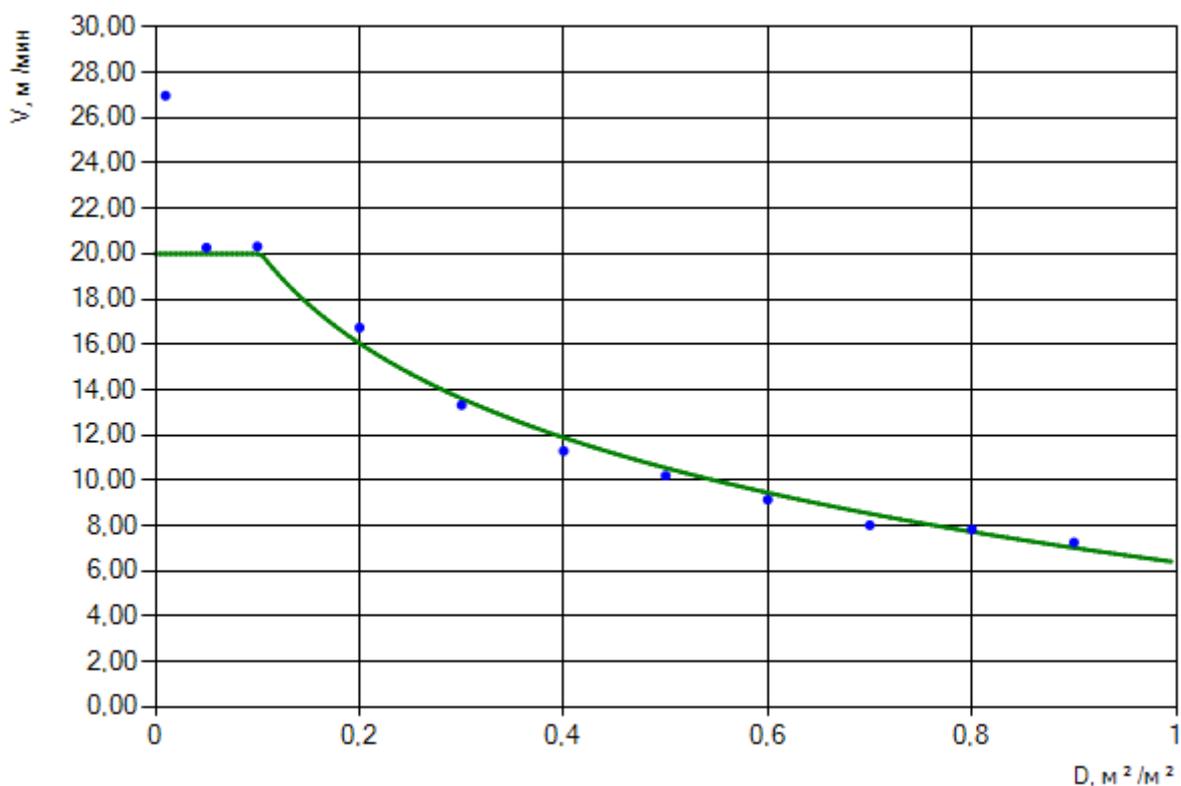


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Дети с ограниченными возможностями" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_066.fnx](#)

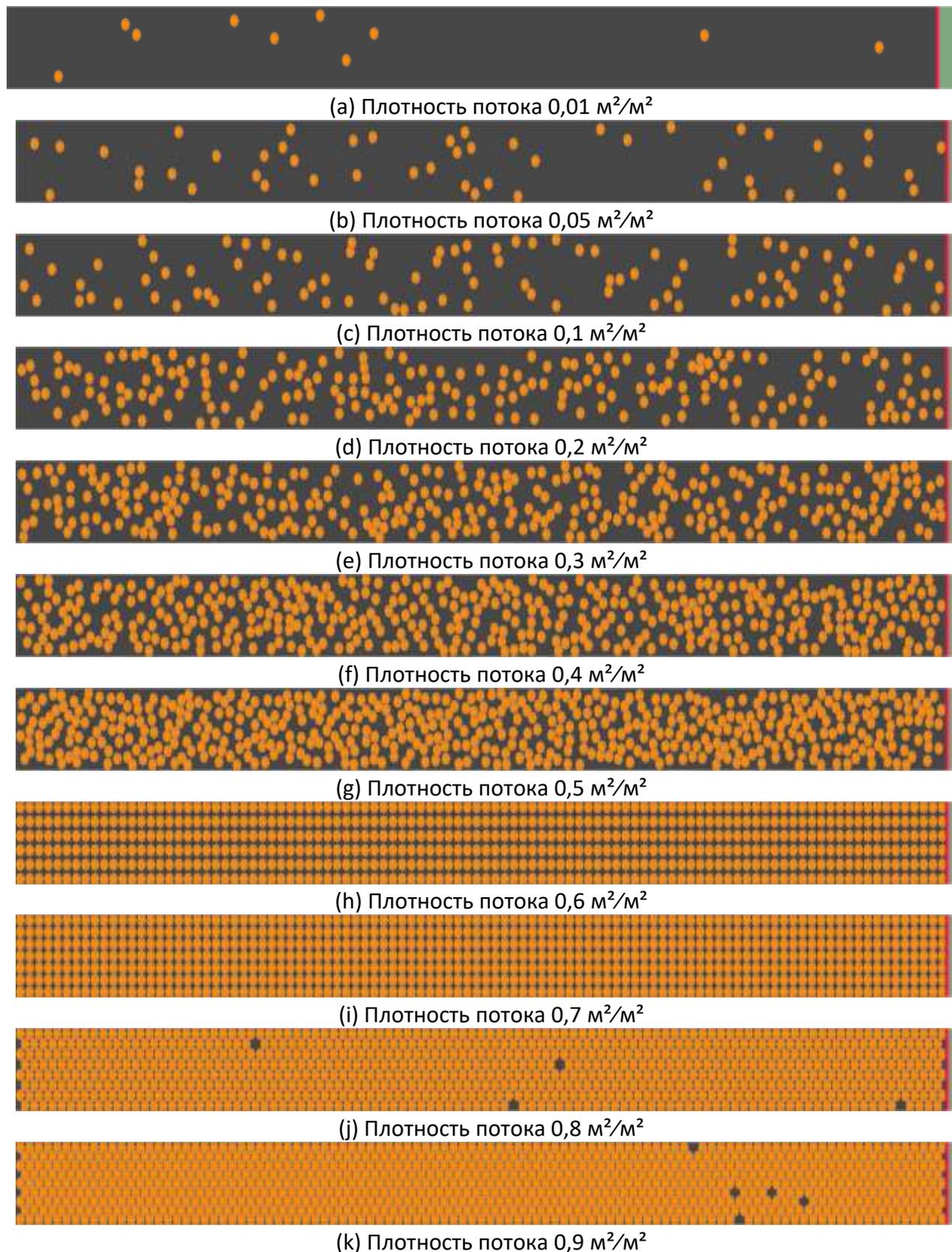


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	95,4	107,1	-10,9
2	0,05	50	103	107,1	-3,8
3	0,1	100	105,2	107,1	-1,8
4	0,2	200	116,4	118,3	-1,6
5	0,3	300	134	137,6	-2,6
6	0,4	400	155,2	155,6	-0,3
7	0,5	500	174,6	173,1	0,9
8	0,6	600	203	190,7	6,4
9	0,7	700	214,8	208,6	3
10	0,8	800	228,8	227,1	0,7
11	0,9	900	243,2	246,3	-1,3

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по пандусу вверх.

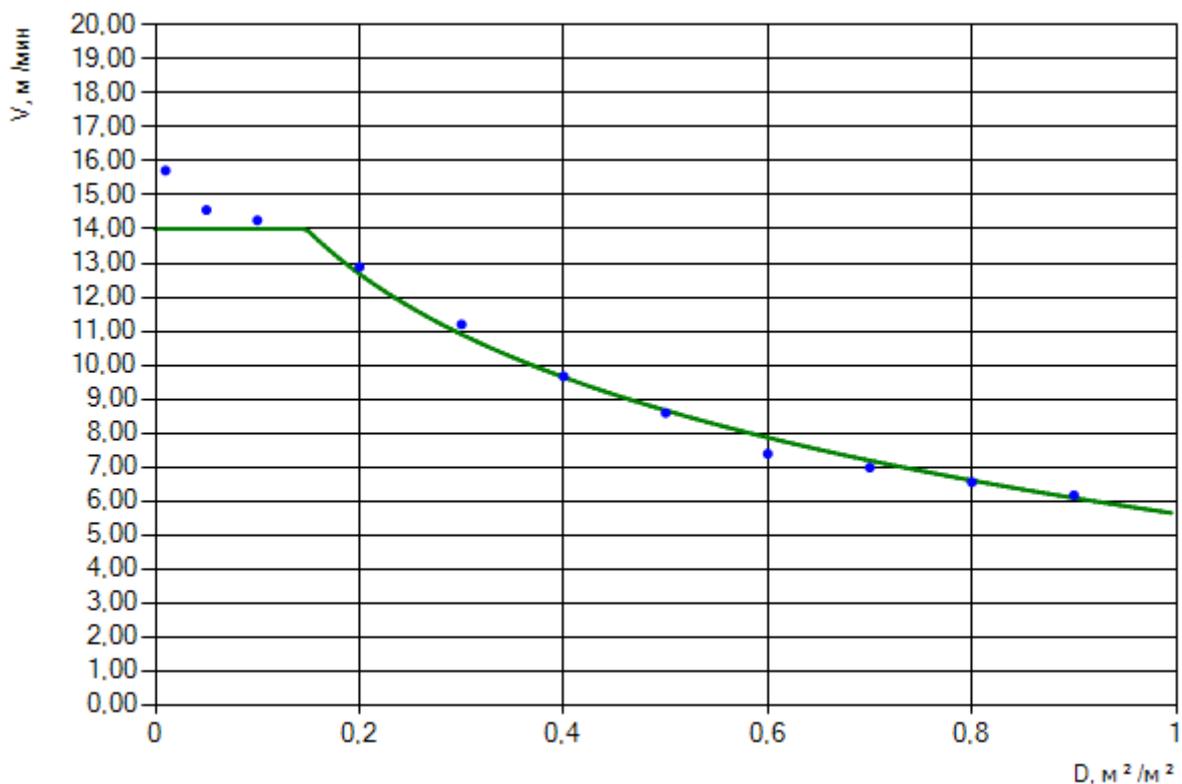


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Люди в стационарах больниц" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_067.fnx](#)

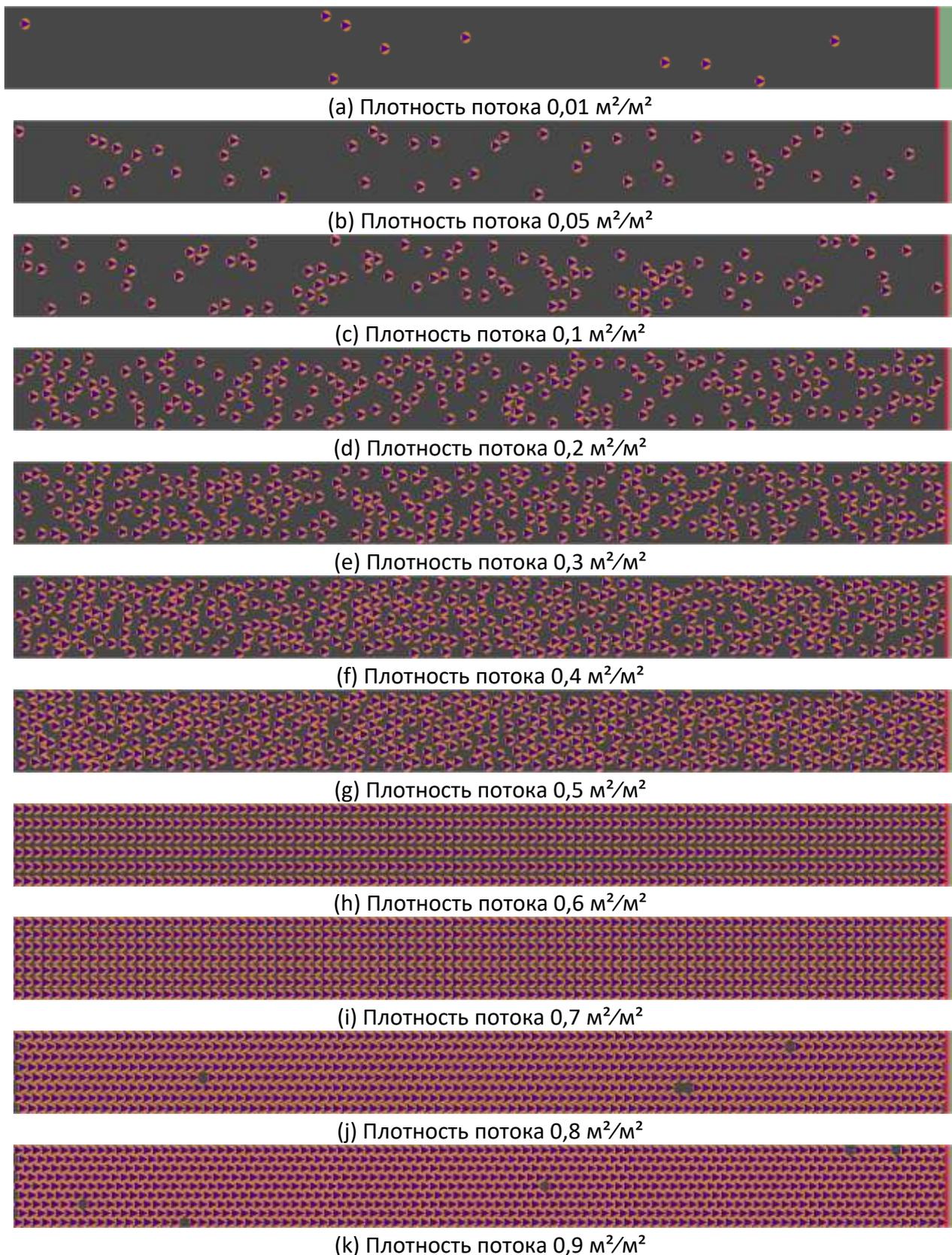


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	10	95,6	100	-4,4
2	0,05	50	98,8	100	-1,2
3	0,1	100	97,8	100	-2,2
4	0,2	200	108,2	113,8	-4,9
5	0,3	300	132	137	-3,6
6	0,4	400	156,6	160,2	-2,2
7	0,5	500	184,8	184,5	0,2
8	0,6	600	234	210,6	11,1
9	0,7	700	241,6	239,2	1
10	0,8	800	255,4	271	-5,8
11	0,9	900	277	307,1	-9,8

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по пандусу вверх.

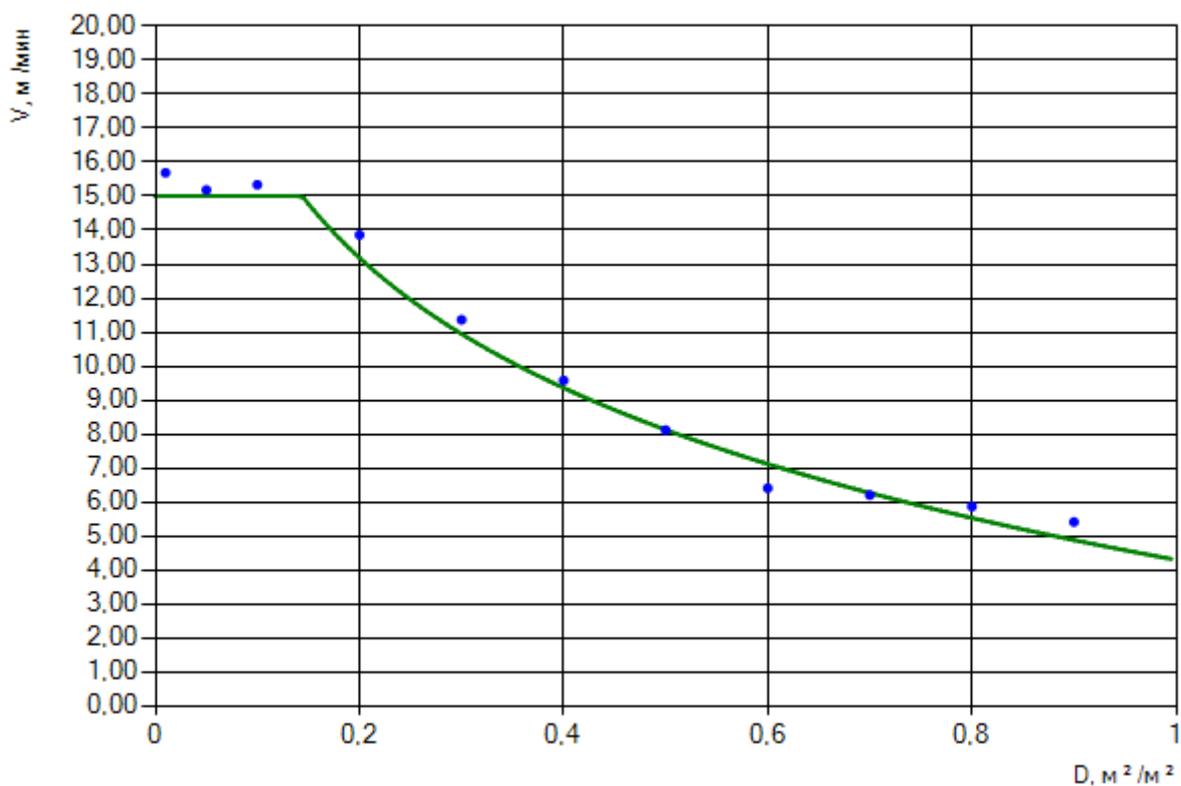


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Престарелые люди" по пандусу вверх.

Ссылка для загрузки тестового проекта:

[Test_068.fnx](#)

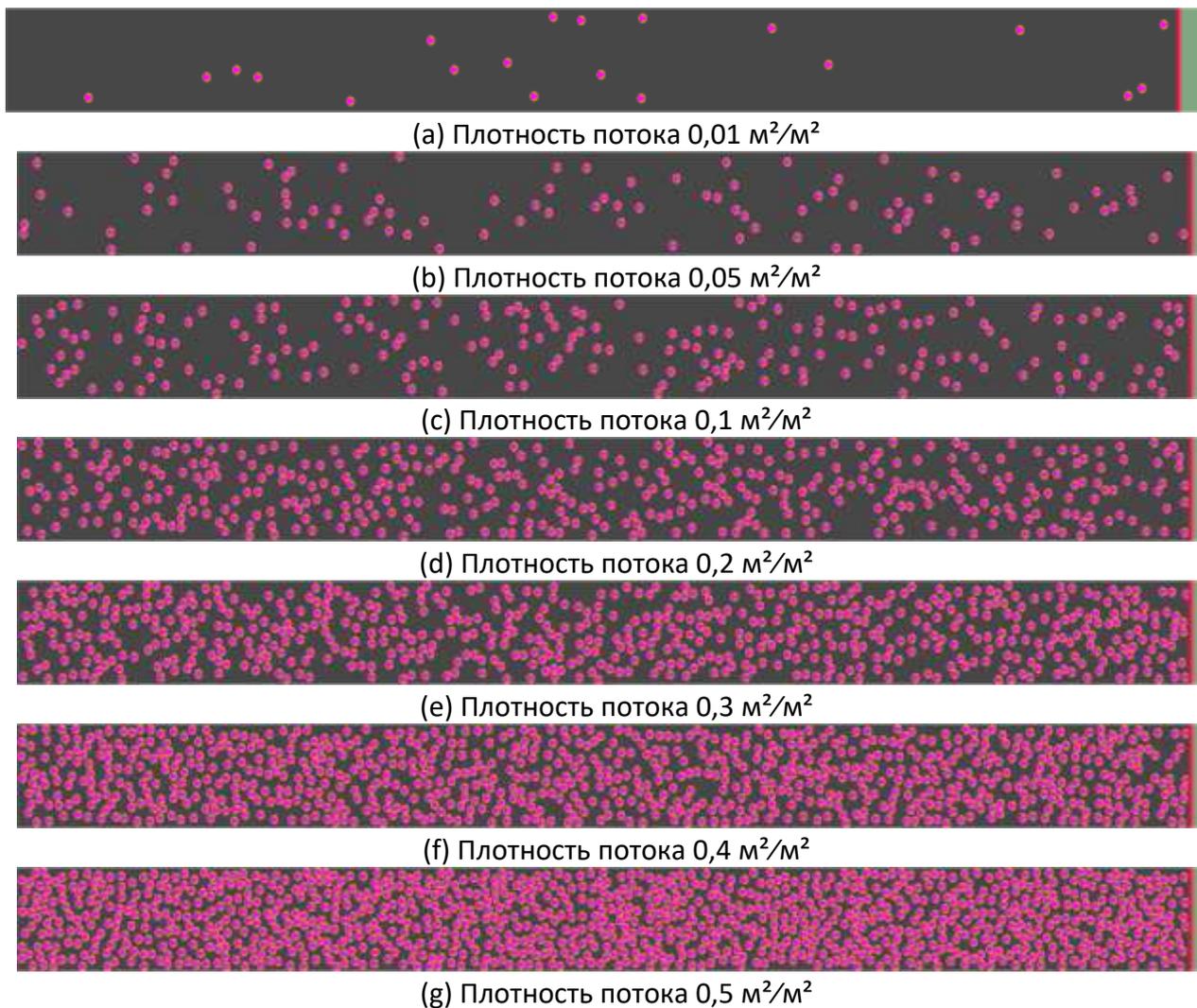


Рис. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по пандусу вверх.

	Плотность потока, м ² /м ²	Количество людей	Время движения, с		Отклонение, %
			Fenix+ 3	Методика	
1	0,01	20	71,6	83,3	-14
2	0,05	100	84,2	83,3	1,1
3	0,1	200	85,2	90,3	-5,6
4	0,2	400	131	127,2	3
5	0,3	600	176,4	167,3	5,4
6	0,4	800	223,6	215,5	3,8
7	0,5	1000	308,2	277,5	11,1

Табл. 1. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по пандусу вверх.

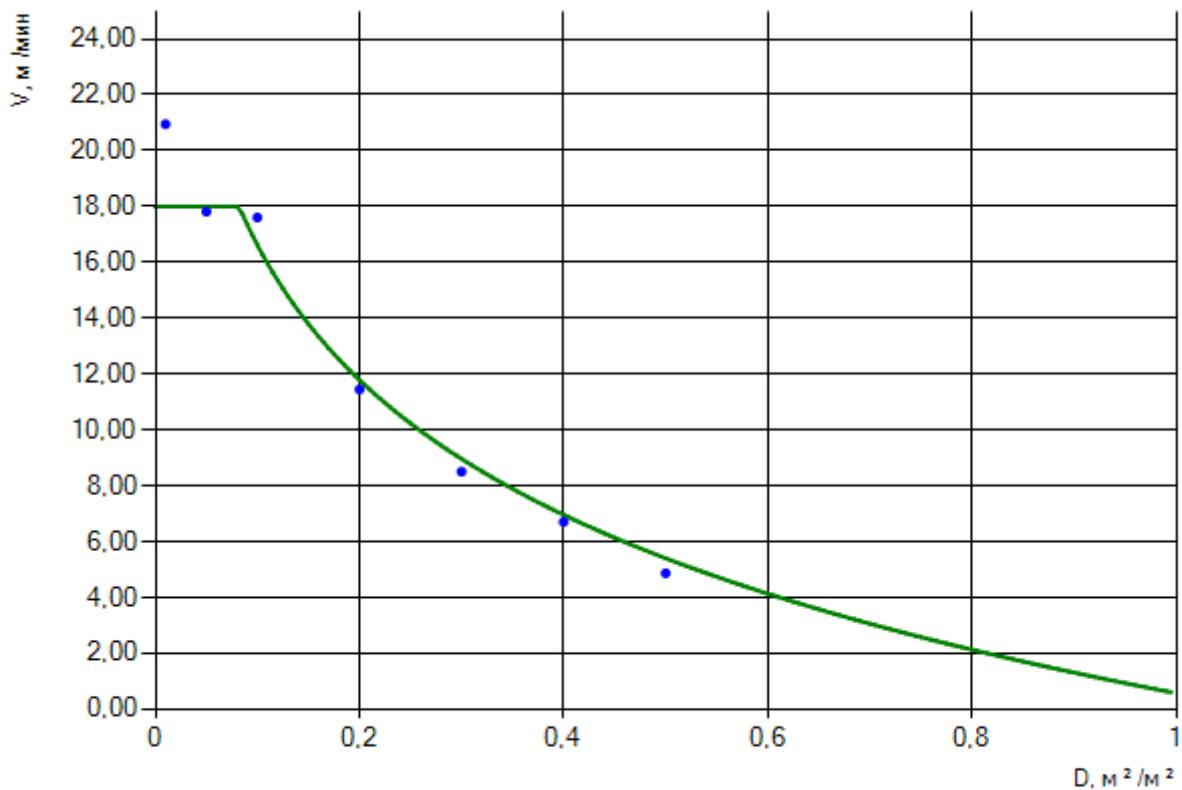


Рис. 2. Движение потока людей контингента "Слепые и слабовидящие люди" по пандусу вверх.

Анализ результатов

Скорость движения людей по лестнице вверх при моделировании с помощью программы Fenix+ 3 хорошо соответствует зависимостям, представленным в методике.

Анализ результатов моделирования показывает, что наибольшие отклонения наблюдаются при низкой плотности (до $0,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$). Причина этого в том, что последний человек, который пересекает середину лестницы, проходит не половину длины лестницы, а меньшее расстояние, так как расположен на некотором удалении от края лестницы.

2. Интенсивность движения в дверном проеме

Описание группы тестов

Сценарий представляет собой коридор шириной 4 м и длиной 50 м, на одном конце которого расположен выход. Посередине коридора расположена дверь с регистратором. В коридоре слева от двери находится такое количество людей, чтобы обеспечить плотность потока, равную $0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Время начала движения для всех людей равно нулю.



Рис. 137. Движение в дверном проеме.

Интенсивность движения в дверном проеме можно рассчитать по формуле:

$$q = \frac{Nf}{t\delta} \quad (12)$$

где N - количество людей, прошедших через дверь, δ – ширина двери, t – время, за которое прошли люди, f - площадь горизонтальной проекции человека.

Типичный график прохождения людей через дверной проем в этой группе тестов имеет вид, показанный на рисунке 138.

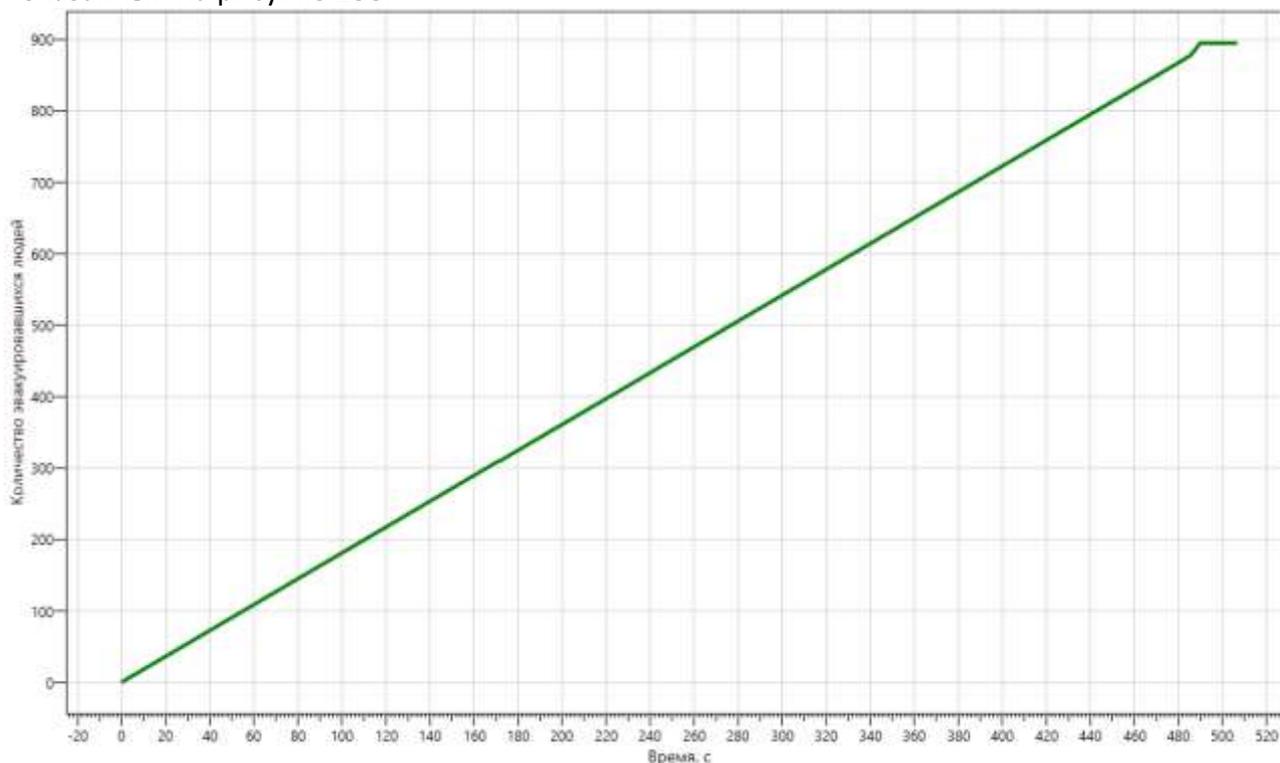


Рис. 138. Движение в дверном проеме шириной 1,4 м.

При определении количества людей и времени их прохождения через дверной проем учитывается линейный участок, на котором можно считать, что плотность потока больше $0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Ожидаемые результаты

В соответствии с таблицами П4.1 и П2.1 методики [1] интенсивность движения в дверном проеме при плотности потока $0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ и более равная $8,5 \text{ м/мин}$, установлена для дверного проема шириной $1,6 \text{ м}$ и более, а при дверном проеме меньшей ширины интенсивность движения следует определять по формуле:

$$q = 2,5 + 3,75 \cdot \delta \quad (13)$$

Зависимость интенсивности движения в дверном проеме от ширины проема должна соответствовать зависимости (13).

Ссылка для загрузки тестового проекта

[Test_101.fnx](#)

Результаты моделирования

На рисунке 139 показаны результаты моделирования движения в дверном проеме при ширине дверного проема от $0,7 \text{ м}$ до $2,0 \text{ м}$.

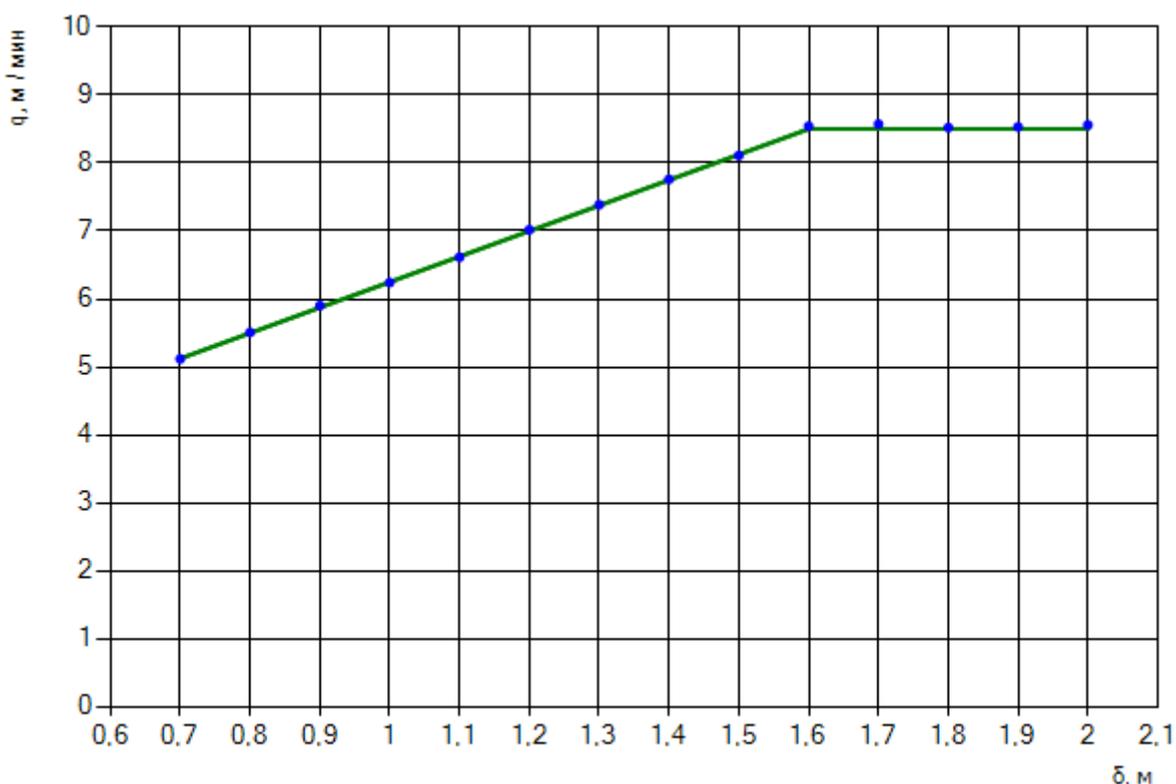


Рис. 139. Движение в дверном проеме.

Анализ результатов

На рисунке 139 видно, что интенсивность движения людей в дверном проеме хорошо соответствует зависимости (13).

3. Время начала эвакуации

Описание теста

Данный тест подтверждает, что люди начинают движение в соответствии с заданным временем начала эвакуации.

Сценарий представляет собой помещение размером 8x5 метров и одним выходом шириной 1 метр. В помещении случайным образом распределено 10 человек, для каждого человека установлено время начала эвакуации с 10 секунд до 100 секунд (с шагом 10 секунд).

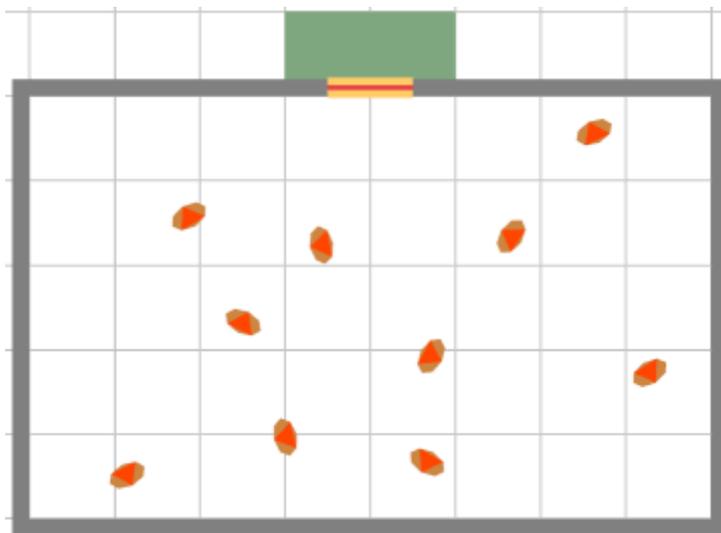


Рис. 140.

Ожидаемые результаты

Люди начинают движение в соответствии с установленным временем начала эвакуации.

Ссылка для загрузки тестового проекта

[Test_301.fnx](#)

Результаты моделирования

В таблице ниже показаны время начала эвакуации, время эвакуации и время движения для каждого человека. Видно, что время движения у всех людей примерно одинаково, что говорит о том, что каждый человек начал движение в соответствии со своим временем начала эвакуации.

		Время начала эвакуации, с	Время эвакуации, с	Время движения, с
1	Человек 1	10	12,2	2,2
2	Человек 2	20	23,2	3,2
3	Человек 3	30	33,6	3,6
4	Человек 4	40	41,8	1,8
5	Человек 5	50	52,4	2,4
6	Человек 6	60	61,8	1,8
7	Человек 7	70	73,0	3,0
8	Человек 8	80	83,0	3,0
9	Человек 9	90	91,4	1,4
10	Человек 10	100	101,6	1,6

4. Обход препятствий

Описание теста

Группа людей сосредоточена в дальней части коридора имеющего поворот на 90 градусов. При движении к выходу людям необходимо повернуть налево.

Ожидаемые результаты

При движении каждый человек должен оставаться в пределах коридора и не «сталкиваться» с препятствиями.

Ссылка для загрузки тестового проекта

[Test_401.fnx](#)

Результаты моделирования

На рисунке показаны траектории движения людей. Траектории движения не пересекают границ препятствий.

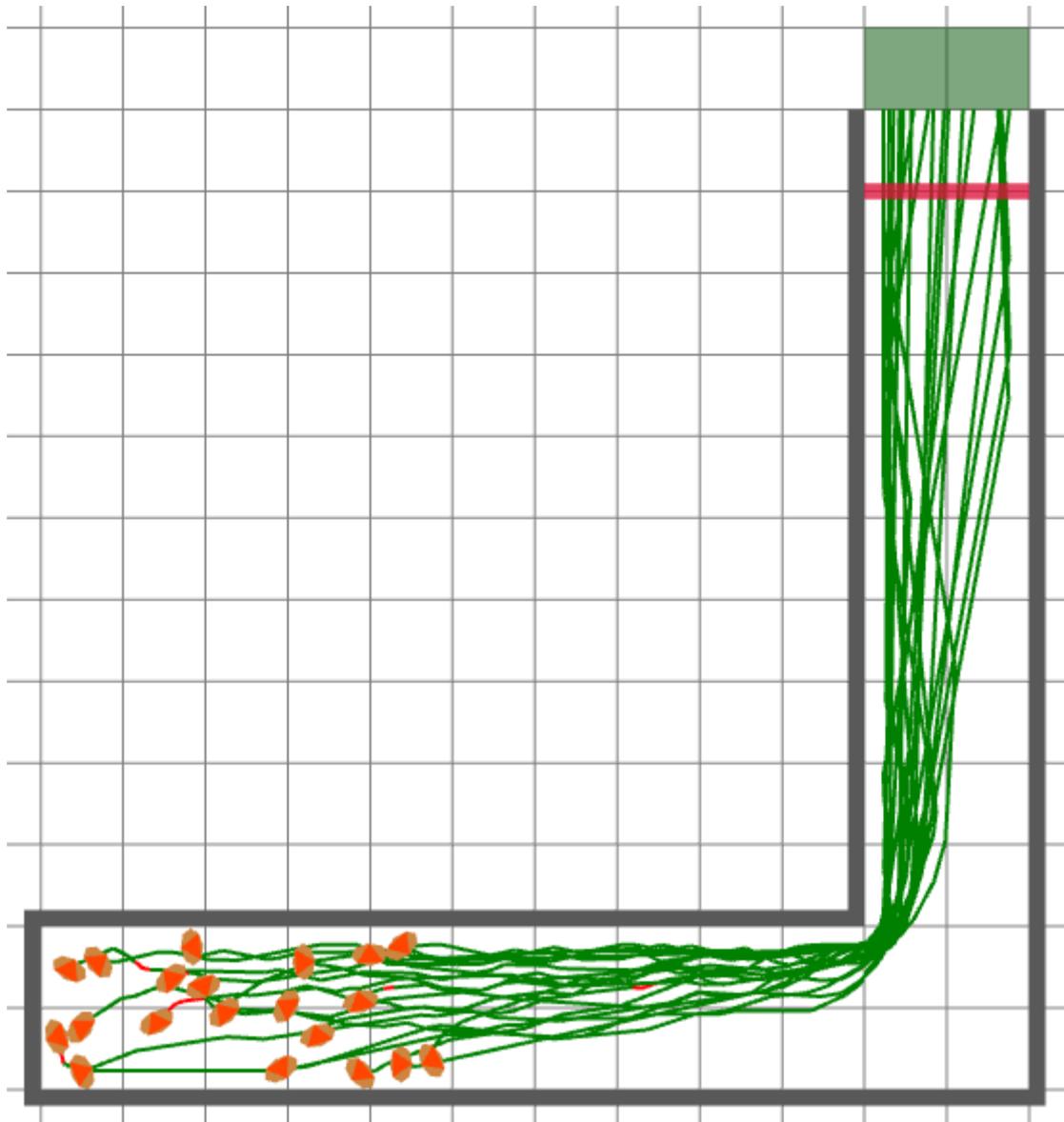


Рис. 141.

5. Пропускная способность дверей

Описание теста

Тест показывает зависимость времени движения людей от количества доступных выходов. В примере представлено большое помещение 30 x 20 метров, в котором находится 300 человек контингента «Взрослый человек в зимней одежде». В помещении 4 выхода в первом случае и 2 выхода во втором случае. Определяется изменение времени эвакуации людей при уменьшении количества выходов в 2 раза.

Ожидаемые результаты

Ожидается, что время эвакуации будет примерно в 2 раза больше, при уменьшении количества дверей в 2 раза.

Ссылка для загрузки тестового проекта

[Test_102.fnx](#)

Результаты моделирования

На рисунках показана схема движения людей.

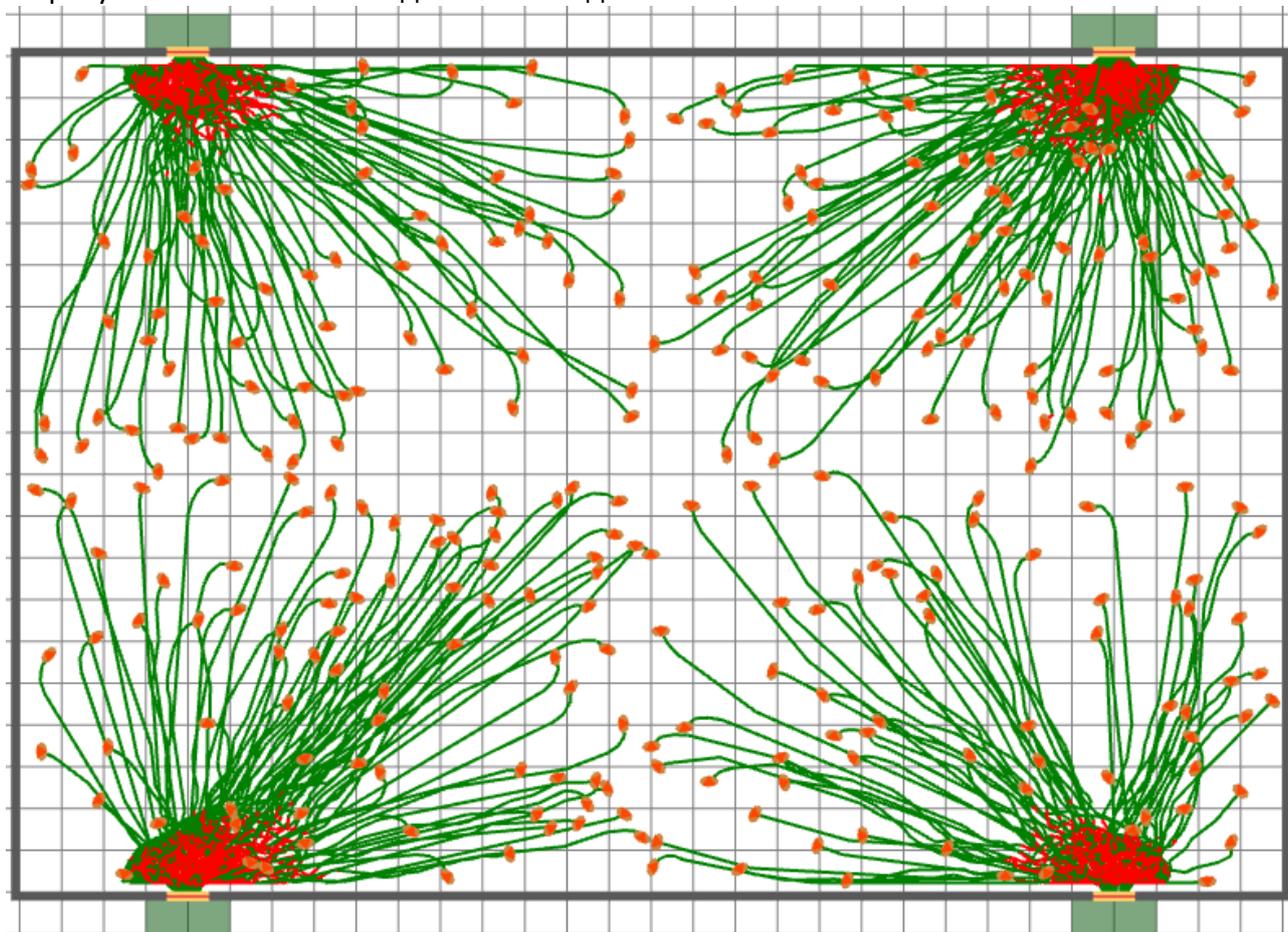


Рис. 142.

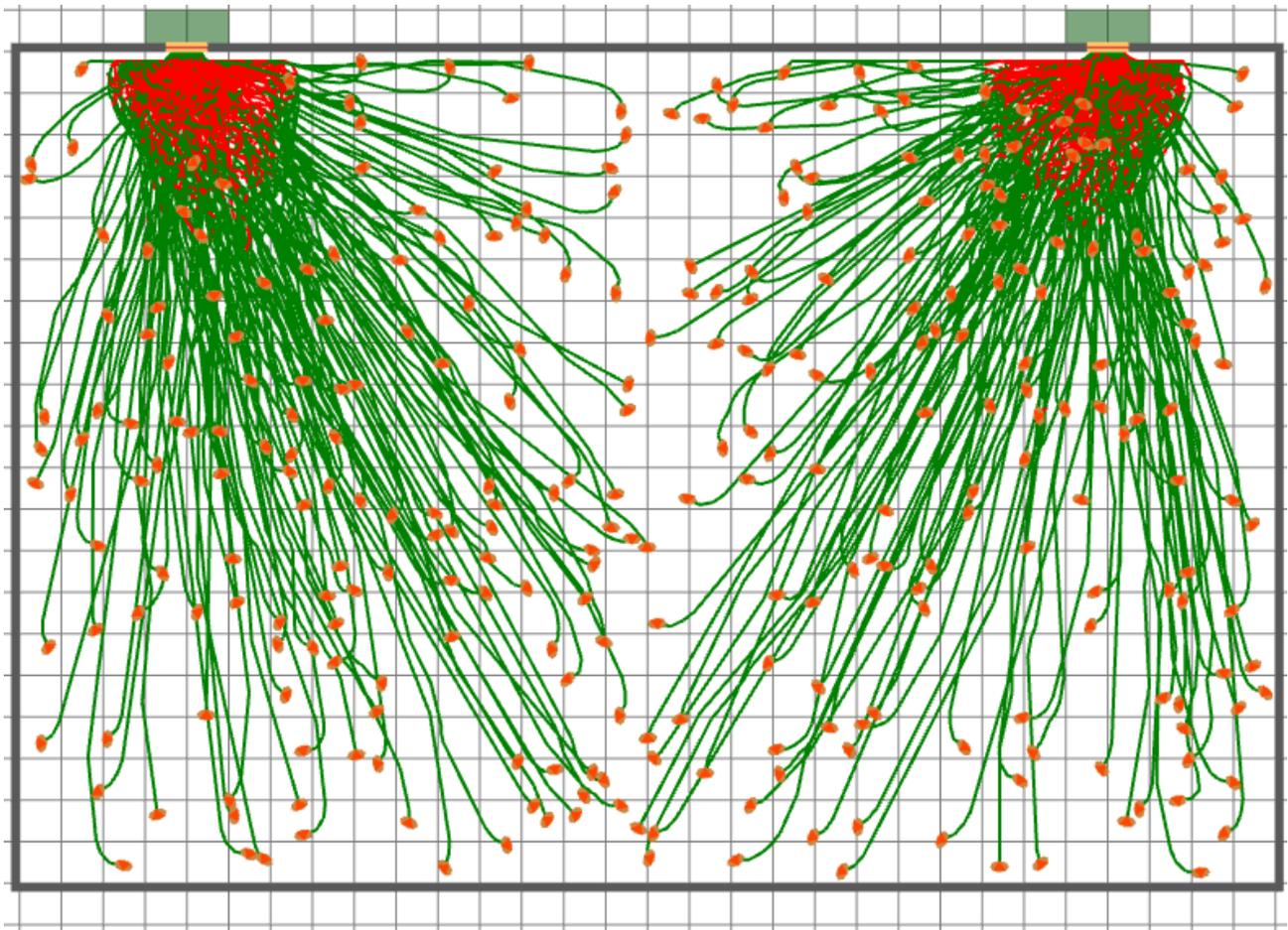


Рис. 143.

Анализ результатов

Время эвакуации для сценария с 4-мя выходами составляет 68,6 с, а с 2-мя 135,0 с. Таким образом, время эвакуации отличается в 2 раза.

Кроме того, на рисунках видно, что люди выбирают ближайший к ним выход.

6. Спасение немобильных людей при помощи носилок

6.1. Максимальное количество рейсов для переноски с одного этажа

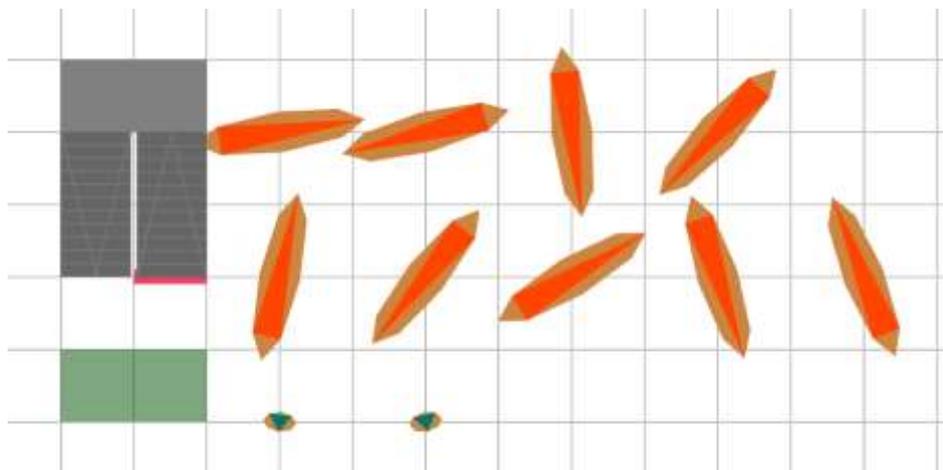
Описание группы тестов

Каждый тест представляет собой 16-ти этажное здание, все этажи которого соединены последовательно лестницами. На первом этаже расположен выход, к которому должны быть транспортированы немобильные люди. Выход доступен со всех этажей. На одном из этажей находится два человека из числа персонала (контингент «Персонал») и некоторое количество немобильных людей (контингент «Немобильны люди»). Все немобильные люди доступны для персонала. Количество немобильных людей подобрано таким образом, чтобы их количество было на 1 больше чем максимальное количество рейсов, которое может сделать пара персонала. Максимальное количество рейсов определяется таблицей П5.12 методики [1]:

Этаж	Максимальное количество рейсов для переноски немобильных людей на носилках
15	1
14	1
13	1
12	2
11	2
10	2
9	2
8	2
7	3
6	3
5	5
4	5
3	8
2	11
1	20

Таким образом, например, на 3-м этаже находится 9 немобильных людей. На 16-м этаже находится 1 немобильный человек.

Программа Fenix+ 3 предполагает, что с этажей выше 15-го персонал не может транспортировать немобильных людей на носилках.



Ожидаемые результаты

Так как количество людей на этаже превышает максимальное количество рейсов, которое может сделать пара персонала, на одного человека, то на каждом из этажей должен остаться один неспасенный человек.

Ссылка для загрузки тестового проекта

[Test_201.fnx](#)

Результаты моделирования

Результаты моделирования представлены в таблице:

Тест	Этаж с людьми	Количество немобильных людей	Количество спасенных людей	Количество неспасенных людей
Test_201_001	1	21	20	1
Test_201_002	2	12	11	1
Test_201_003	3	9	8	1
Test_201_004	4	6	5	1
Test_201_005	5	6	5	1
Test_201_006	6	4	3	1
Test_201_007	7	4	3	1
Test_201_008	8	3	2	1
Test_201_009	9	3	2	1
Test_201_010	10	3	2	1
Test_201_011	11	3	2	1
Test_201_012	12	3	2	1
Test_201_013	13	2	1	1
Test_201_014	14	2	1	1
Test_201_015	15	2	1	1
Test_201_016	16	1	0	1

Анализ результатов

Количество рейсов, которое может сделать пара персонала при спасении немобильных людей с определённого этажа, соответствует количеству спасенных людей с этого этажа. С этажей выше 15-го персонал не может транспортировать немобильных людей.

7. Тесты из учебно-методического пособия [5]

Описание и результаты выполнения тестов, предлагаемых в учебно-методическом пособии [5], а также их подробный анализ представлены в [6].

Список литературы

1. Приложение к Приказу МЧС России № 382 от 30.06.2009г. «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» (ред. от 02.12.2015 г.).
2. Приложение к Приказу МЧС России № 404 от 10.07.2009г «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (ред. от 14.12.2010)
3. Холщевников В. В., Самошин Д. А. Эвакуация и поведение людей при пожарах: Учебное пособие. — М.: Академия ГПС, 2015. —262 С.
4. Руководство пользователя Fenix+ 3: <https://mst.su/docs/fenixplus3/userguide/> (проверено 2021.12.26)
5. Тестовые задачи для проверки точности моделирования времени эвакуации людей в случае пожара: учеб.-метод. пособие. Часть 1 / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин Р. Н. Истратов, М. М. Шаранова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. – 26 с. (доступен по ссылке (проверено 2021.12.26): <http://pozhssoft.ru/files/posobie.pdf>)
6. Fenix+ 3. Эвакуация людей. Валидация и верификация. Часть 2: https://mst.su/docs/downloads/fenixplus3_validation_part2.pdf (проверено 2021.12.26)