

Задача. 1. Определить осадки слоя грунта, заключенного между водопроницаемыми прослойками, при действии сплошного равномерно распределенного давления, возрастающего в течение первого года по закону прямой от нуля до P (кПа) и далее остающейся постоянной. Дано: мощность слоя грунта $2h$ (м); коэффициент пористости e_1 , коэффициент сжимаемости $m_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ (кПа); коэффициент фильтрации $k = 0,35$ см/год $= 35 \cdot 10^{-4}$ м/год. Требуется построить кривую протекания осадок грунта во времени с учетом переменной нагрузки на грунт.

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P (кПа)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
$2h$ (м)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
e_1	0.75	0.80	0.82	0.70	0.6	0.77	0.90	0.6	0.75	0.70
m_0 (кПа)	$2 \cdot 10^{-4}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$	$2.1 \cdot 10^{-4}$	$2.2 \cdot 10^{-4}$	$2.3 \cdot 10^{-4}$	$2.4 \cdot 10^{-4}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$2.6 \cdot 10^{-4}$
k (м/год)	$35 \cdot 10^{-4}$	$36 \cdot 10^{-4}$	$38 \cdot 10^{-4}$	$39 \cdot 10^{-4}$	$40 \cdot 10^{-4}$	$34 \cdot 10^{-4}$	$35 \cdot 10^{-4}$	$31 \cdot 10^{-4}$	$20 \cdot 10^{-4}$	$39 \cdot 10^{-4}$

Рекомендации к решению задачи 1.

Вычисляем вспомогательные показатели:

$$\alpha = \frac{P}{t}$$

$$c_v = \frac{k(1+e_1)}{m_0 \gamma_w}$$

$$m_v = \frac{m_0}{1+e_1}$$

$$M = \frac{\pi^2 c_v}{4h^2}$$

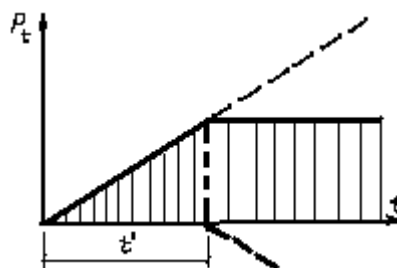


Рис. 1. Эпюра давления на грунтовое основание.

Эпюру давления на грунтовое основание (рис. 1) рассматривают как суммарное действие давлений (меняющихся по линейному закону) возрастающего от 0 до t и убывающего от t до t' . Для любого времени $t < t'$ осадка слоя грунта при двусторонней фильтрации поровой воды (вверх и вниз) будет определяться уравнением:

$$s_t = \frac{2\alpha m_v h^3}{c_v} \left(\frac{c_v t}{h^2} - \frac{1}{3} + \frac{1}{3} e^{-Mt} \right)$$

При $t > t'$ следует к интенсивности нагрузки, меняющейся по закону $p = \alpha t$, прибавить действие такой же нагрузки, но меняющейся по закону $p = \alpha(t - t')$. Тогда:

$$s'_t = \frac{2\alpha m_v h^3}{c_v} \left(\frac{c_v t'}{h^2} + \frac{1}{3} [e^{-Mt} - e^{-M(t-t')}] \right)$$

Определим осадки грунта в различные промежутки времени, например при $t=0.4$ года, 1 год, 2 года, 5 лет.

Осадка в стабилизированном состоянии при сплошной нагрузке:

$$s = 2hm_v p$$

на основании полученных данных строится график протекания осадок во времени (рис.2)

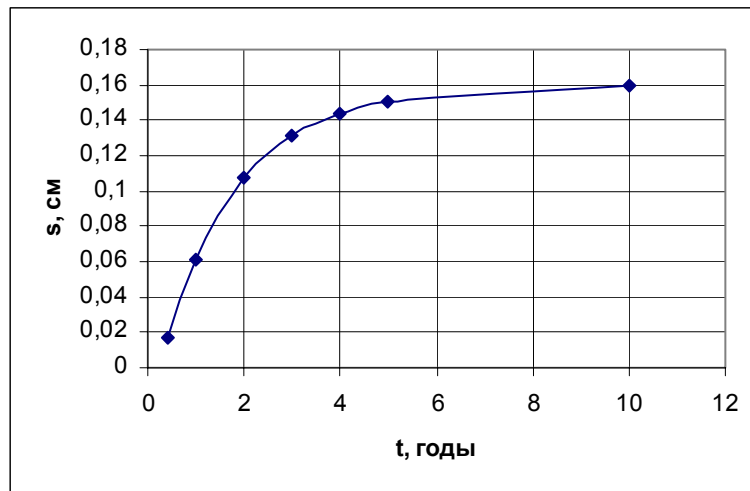


Рис. 2. кривая протекания осадок во времени.

Задача. 2. Определить полную стабилизированную осадку фундамента с площадью подошвы $b \times l$ при давлении на грунт p , если коэффициент относительной сжимаемости грунта $m_v = 4 \cdot 10^{-5} \text{ кПа}^{-1}$ и коэффициент относительной боковой деформации $\nu = 0,3$.

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$b \times l$ (м)	2x6	3x4	2x5	2x8	3x5	3x6	4x5	4x6	4x7	4x8
p (кПа)	250	300	350	400	225	275	325	375	425	450
m_v (кПа ⁻¹)	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$
ν	0,3	0,2	0,1	0,35	0,4	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4

Рекомендации к решению задачи 2.

По табл. 1 $A\omega_m = 1,89$ при $\eta = 3$. Тогда мощность эквивалентного слоя грунта

$$h_3 = A\omega_m b \quad (\text{м})$$

Стабилизированная осадка фундамента заданных размеров с учетом бокового расширения грунта и всей сжатой зоны грунта под фундаментом

$$s = h_3 m_v p \quad (\text{см})$$

Задача 3. Определить добавочную осадку существующего фундамента с площадью подошвы $b \times l$ при возведении рядом нового фундамента с площадью подошвы 5×5 м и нагрузкой на грунт p , если грунт характеризуется коэффициентами m_v ; ν .

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$b \times l$ (м)	2,5x5	3x5	1,5x5	2x5	3,5x5	2,25x5	2,75x5	3,75x5	4x5	4,5x5
p (кПа)	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
m_v (кПа ⁻¹)	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
ν	0,3	0,2	0,1	0,35	0,4	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4

Рекомендации к решению задачи 3.

Пример решаем по методу угловых точек. Строим вспомогательные прямоугольники так, чтобы точки 1 и 2 были угловыми (рис. 3). Для точки 1 для каждого из двух прямоугольников загрузки размером $2,5 \times 5$ м при $\eta = 2$ по табл. 1 и формуле $A\omega_c = 0,5A\omega_0$. Тогда осадка точки 1:

$$s_1 = 2A\omega_c b m_v p \quad (\text{см})$$

Для точки 2 эквивалентный слой равен удвоенной разности эквивалентных слоев фундамента с площадью подошвы $2,5 \times 7,5$ м. и фундамента $2,5 \times 2,5$ м. Пользуясь табл. 1 при $\nu=0,3$, получим: для площади загрузки $2,5 \times 7,5$ м. $A\omega_{01}$ при l/b и $A\omega_{c1} = 0,5 A\omega_{01}$, а для площади грузки $2,5 \times 2,5$ м $A\omega_{02}$ при l/b и $A\omega_{c2} = 0,5 A\omega_{02}$. Тогда

$$s_2 = 2(A\omega_{c1} - A\omega_{c2}) b m_v p \quad (\text{см})$$

Таким образом, старый фундамент осядет в сторону нового фундамента с неравномерностью осадок $\Delta s = s_1 - s_2$ (см).

Задача 4. Определить данные для прогноза осадок массивного фундамента во времени, если дано: площадь фундамента $b \times l = 2 \times 3$ м, грунт-однородная глина с $m_v = 6 \cdot 10^{-5}$ кПа⁻¹ $\nu=0,4$; $k=0,15$ см/год; давление на грунт $p=250$ кПа.

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$b \times l$ (м)	2x5	3x5	3x4	2x5	6x7	4x2	8x5	5x5	4x5	6x5
p (кПа)	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
m_v (кПа ⁻¹)	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$
ν	0,3	0,2	0,1	0,35	0,4	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4
k (см/ГОД)	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,10	0,11

Рекомендации к решению задачи 4.

С помощью табл. 1 при $\eta = 1,5$ находим $A\omega_m = 2,07$ и определяем ощность эквивалентного слон грунта по формуле:

$$h_s = A\omega b$$

Тогда полная стабилизированная осадка будет:

$$s = h_3 m_v p$$

Высота эквивалентной эпюры уплотняющих давлений по формуле:

$$H = 2h_3 \text{ (см).}$$

Для определения осадок, соответствующих любому времени (например $t = 1$ год, 3 года, 5 лет, 10 лет), предварительно вычисляем значения c_v и N :

$$c_v = \frac{k}{\gamma_w m_v}$$

$$N = \frac{\pi^2 c_v}{4h^2}$$

По формуле для $t = 1$ год получим:

$$s_t = h_3 m_v p \left\{ 1 - \frac{16}{\pi^2} \left[\left(1 - \frac{2}{\pi} \right) e^{-N} + \frac{1}{9} \left(1 + \frac{2}{3\pi} \right) e^{-9N} + \dots \right] \right\}$$

Для последующих вычислений ($t = 3$ года, 5 лет, 10 лет) ограничимся первым членом ряда, стоящего в предыдущей формуле в круглых скобках:

$$s_t = h_3 m_v p \left\{ 1 - \frac{16}{\pi^2} \left[\left(1 - \frac{2}{\pi} \right) e^{-N} \right] \right\} \text{ см;}$$

По полученным данным строим кривую изменения осадок фундамента во времени.

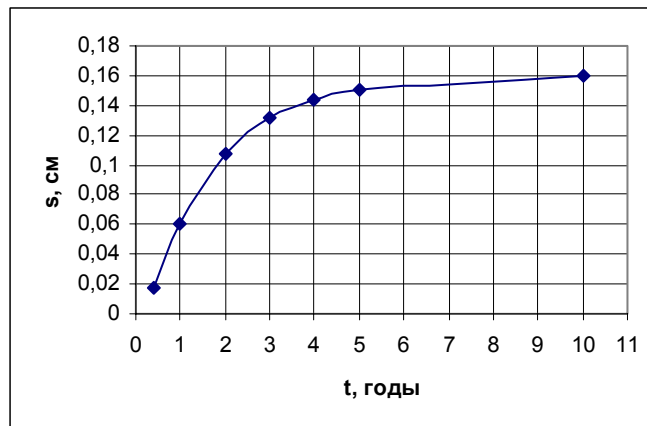


Рис. 3. кривая затухания осадок основания фундамента во времени.

Задача 5. Определить мощность активной зоны сжатия грунта под фундаментом с площадью подошвы $b_1 \times l_1$ на слое грунта толщиной $h_c = 5$ м, залегающего на несжимаемом скальном основании, если грунт характеризуется коэффициентом $\nu = 0.2$,

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h_c (м)	4	5	6	5	4	3	3	4	5	6
$b_1 \times l_1$ (м)	2x2	3x2	3x3	4x4	3x6	3x3	3x4	4x4	3x4	3x3
ν	0,3	0,2	0,1	0,35	0,4	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4

Рекомендации к решению задачи 5.

По табл. 2. при $\eta = b_1 \times l_1$ и h_c/b_1 находим: $A_{\omega_{mc}}$. Тогда

$$A = \frac{(1-v)^2}{1-2v};$$

$$H = 2A\omega_{mc} 2b.$$

Задача. 6. Определить полную стабилизированную осадку фундамента, имеющего площадь подошвы 2x4 м, глубину заложения $d = 1,5$ м при внешнем давлении на грунт p и удельном весе природного грунта выше подошвы фундамента $\gamma = 18$ кН/м³, возводимого на трехслойной толще грунтов: 1-й слой — супесь, толщина 1 м, коэффициент относительной сжимаемости $m_{v1} = 0,8 \cdot 10^{-4}$ кПа⁻¹, коэффициент фильтрации $k_1 = 1 \cdot 10^{-6}$ см/с = 30 см/год, коэффициент относительной боковой деформации $v_1 = 0,20$; 2-й слой — суглинок, толщина 3 м, $m_{v2} = 1,2 \cdot 10^{-4}$ кПа⁻¹, $k_2 = 3 \cdot 10^{-8}$ см/с = 0,9 см/год, $v_2 = 0,30$; 3-й слой — пластичная глина, толщина >5м, $m_{v3} = 1,5 \cdot 10^{-4}$ кПа⁻¹, $k_3 = 2 \cdot 10^{-9}$ см/с = 0,06 см/год и $v_3 = 0,35$.

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p (кПа)	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290

Рекомендации к решению задачи 6.

Предварительно определяем толщину (мощность) активной зоны сжатия грунтов для рассматриваемого фундамента по формуле $H = 2h_3$. Задаемся средним значением коэффициента относительной боковой деформации грунтов. За неимением конкретных данных для рассматриваемого примера предварительно принимаем (в соответствии с аналогичными видами грунтов) $v = 0,30$. Тогда для рассматриваемого фундамента по табл. 1 при $\eta = l/b = 2$ находим $A_{\omega_m} = 1,60$. Тогда мощность эквивалентного слоя $h_3 = A_{\omega_m} b = 3,2$ м.

Проверяем принятое значение V рассматриваемой активной зоны сжатия грунтов (до глубины 6,4 м) как средневзвешенную величину по формуле:

$$v_m = \frac{v_1 h_1 + v_2 h_2 + v_3 h_3 + \dots}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

Для определения среднего приведенного коэффициента относительной сжимаемости m_{vm} определим расстояния от середины каждого слоя сжимаемой толщи грунтов до глубины $H = 2h_3$,

$$z_1 = H - 0,5; z_2 = H - 1,5; z_3 = (H - 4)/2$$

Тогда имеем:

$$m_{vm} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i m_{vi} z_i}{2h_3^2}$$

Стабилизированная осадка рассматриваемого фундамента на трехслойной толще грунтов от действия внешнего добавочного (сверх природного) давления $p_0 = p - \gamma d$ кПа будет:

$$s = h_3 m_v p_0$$

Определим изменение осадок толщи грунтов по инженерному методу эквивалентного слоя в различные промежутки времени от начала загрузки (например, через 1 год, 2 года, 6 лет и 10 лет).

Предварительно вычисляем:

$$k_m = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{k_i}};$$

$$C_v = \frac{k}{\gamma_w m_v};$$

$$N = \frac{\pi^2 C_v}{4h^2}.$$

Тогда для $t=1$ год будем иметь:

$$s_t = h_3 m_v p \left\{ 1 - \frac{16}{\pi^2} \left[\left(1 - \frac{2}{\pi} \right) e^{-N} + \frac{1}{9} \left(1 + \frac{2}{3\pi} \right) e^{-9N} + \dots \right] \right\}$$

При вычислении s_3 s_6 s_{10} ограничимся первым членом ряда:

$$s_t = h_3 m_v p \left\{ 1 - \frac{16}{\pi^2} \left[\left(1 - \frac{2}{\pi} \right) e^{-N} \right] \right\}$$

Строится кривая затухания осадок фундамента на слоистых напластованиях грунтов.

Задача 7. Требуется определить по методу эквивалентного слоя грунта стабилизированную осадку группы из четырех свай (площадью сечения 35x35 см) с учетом глубины приложения нагрузки и изменения модуля деформации грунта в результате его уплотнения при забивке свай. Вертикальная нагрузка $N^p = 1600$ кН, глубина забивки свай 9,5 м, расстояние между сваями 1,05 м, Грунт—полутвердый суглинок, характеризуемый следующими показателями: ν ; угол внутреннего трения $\varphi = 26^\circ$, модуль общей деформации по результатам пробного испытания свай статической нагрузкой $E^1 = 1 \cdot 10^5$ кПа; модуль общей деформации грунта по результатам лабораторных испытаний $E = 2,5 \cdot 10^4$ кПа; p_s .

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p_s (кПа)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
ν	0,3	0,2	0,1	0,35	0,4	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4

Рекомендации к решению задачи 7.

Согласно общепринятой методике, размеры условной подошвы свайного фундамента при определении его осадки составляют:

$$a = b = 4d + \frac{2 \cdot l \cdot \operatorname{tg} \varphi}{4};$$

Тогда дополнительное давление на уровне нижних концов свай по условной подошве с учетом веса свай и ростверка $p=134$ кПа.

По Табл. 3 находим K_0 в зависимости от ν , $n = a/b$ и $m = b/l$.

Коэффициент эквивалентного слоя

$$A^1 = \frac{1-\nu}{1-\nu-2\nu^2}$$

$$\beta = \frac{1}{A^1}$$

Мощность эквивалентного слоя грунта определяем по формуле

$$h_s^1 = A^1 K_0 b$$

Мощность активной зоны сжатия грунта с учетом его структурной прочности находим по формуле:

$$h_a^1 = \frac{2h_s^1(p-p_s)}{p}$$

Среднее для активной зоны сжатия значение модуля общей деформации грунта будет:

$$E_m = \frac{h_a^1{}^2}{2 \sum_{i=1}^n \frac{h_i z_i}{E_i}}$$

Конечную стабилизированную осадку группы свай определяем по формуле:

$$s = \frac{h_a^1 \beta p}{2E_m}.$$

Таблица 1. Значения коэффициента эквивалентного слоя

Соотношение сторон $\eta=b/l$	Гравий и галька			Пески					
	Глины и суглинки твердые и полутвердые						Супеси твердые и пластичные		
	$\nu=0.10$			$\nu=0.20$			$\nu=0.25$		
	$A\omega_0$	$A\omega_m$	$A\omega_{const}$	$A\omega_0$	$A\omega_m$	$A\omega_{const}$	$A\omega_0$	$A\omega_m$	$A\omega_{const}$
1	1.13	0.96	0.89	1.20	1.01	0.94	1.26	1.07	0.99
1,5	1.37	1.16	1.09	1.45	1.23	1.15	1.53	1.30	1.21
2	1.55	1.31	1.23	1.63	1.39	1.30	1.72	1.47	1.37
3	1.81	1.55	1.46	1.90	1.63	1.54	2.01	1.73	1.62
4	1.99	1.72	1.63	2.09	1.81	1.72	2.21	1.92	1.81
5	2.13	1.85	1.74	2.24	1.95	1.84	2.37	2.07	1.94
6	2.25	1.98	-	2.37	2.09	-	2.50	2.21	-
7	2.35	2.06	-	2.47	2.18	-	2.61	2.31	-
8	2.43	2.14	-	2.56	2.26	-	2.70	2.40	-
9	2.51	2.21	-	2.64	2.34	-	2.79	2.47	-
≥ 10	2.58	2.27	2.15	2.71	2.40	2.26	2.86	2.54	2.38
Соотношение сторон $\eta=b/l$	Суглинки пластичные						Глины и суглинки мягкопластичные		
	Суспензии твердые и пластичные			Глины пластичные					
	$\nu=0.$			$\nu=0.$			$\nu=0.$		
	$A\omega_0$	$A\omega_m$	$A\omega_{const}$	$A\omega_0$	$A\omega_m$	$A\omega_{const}$	$A\omega_0$	$A\omega_m$	$A\omega_{const}$
1	1.37	1.17	1.08	1.58	1.34	1.24	2.02	1.71	1.58
1.5	1.66	1.40	1.32	1.91	1.62	1.52	2.44	2.07	1.94
2	1.88	1.60	1.49	2.16	1.83	1.72	2.76	2.34	2.20
3	2.18	1.89	1.76	2.51	2.15	2.01	3.21	2.75	2.59
4	2.41	2.09	1.97	2.77	2.39	2.26	3.53	3.06	2.90
5	2.58	2.25	2.11	2.96	2.57	2.42	3.79	3.29	3.10
6	2.72	2.41	-	3.14	2.76	-	4.00	3.53	-
7	2.84	2.51	-	3.26	2.87	-	4.18	3.67	-
8	2.94	2.61	-	3.38	2.98	-	4.32	3.82	-
9	3.03	2.69	-	3.49	3.08	-	4.46	3.92	-
≥ 10	3.12	2.77	2.60	3.58	3.17	2.98	4.58	4.05	3.82

Таблица 2. Значения коэффициента формы $A\omega_{mc}$ для средних осадок фундаментов.

h_c/b_1	Коэффициент $A\omega_{mc}$.				
	Для круга	Для прямоугольника			
		$\eta = 1$	$\eta = 2$	$\eta = 3$	$\eta = 4$
0,25	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
0,50	0,22	0,22	0,24	0,24	0,25
0,75	0,31	0,31	0,34	0,34	0,35
1,00	0,38	0,39	0,43	0,44	0,46
1,50	0,50	0,53	0,59	0,61	0,63
2,00	0,58	0,62	0,70	0,73	0,77
2,50	0,63	0,68	0,79	0,83	0,89
3,00	0,66	0,72	0,87	0,92	1,00
4,00	0,70	0,77	0,96	1,04	1,15
5,00	0,72	0,80	1,03	1,13	1,27
7,00	0,75	0,84	1,10	1,23	1,45
10,00	0,78	0,87	1,16	1,31	1,62

Таблица 3. значение безразмерных коэффициентов K_0

m	Коэффициент K_0 при n							
	1	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3	10
$\nu=0,20$								
0,025	0,468	0,511	0,549	0,583	0,64	0,699	0,748	1,071
0,05	0,472	0,517	0,556	0,59	0,649	0,709	0,76	1,094
0,1	0,481	0,528	0,568	0,604	0,666	0,73	0,784	1,144
0,15	0,49	0,538	0,58	0,618	0,683	0,75	0,808	1,199
0,2	0,499	0,549	0,593	0,632	0,7	0,771	0,831	1,254
0,3	0,517	0,57	0,618	0,66	0,734	0,812	0,878	1,353
0,4	0,535	0,592	0,642	0,687	0,767	0,851	0,923	1,445
0,6	0,571	0,633	0,689	0,74	0,83	0,925	1,006	1,58
0,8	0,604	0,672	0,734	0,789	0,887	0,991	1,079	1,68
1	0,637	0,71	0,776	0,835	0,94	1,05	1,142	1,759
2	0,77	0,859	0,937	1,007	1,126	1,247	1,346	2,007
3	0,857	0,951	1,034	1,106	1,228	1,352	1,454	2,14
$\nu=0,30$								
0,025	474	0,518	0,556	0,591	0,648	0,708	0,758	1,095
0,05	0,478	0,523	0,563	0,598	0,658	0,719	0,771	1,128
0,1	0,487	0,534	0,575	0,612	0,675	0,741	0,796	1,194
0,15	0,496	0,545	0,588	0,626	0,693	0,762	0,821	1,259
0,2	0,505	0,556	0,6	0,64	0,71	0,783	0,846	1,321
0,3	0,523	0,577	0,625	0,668	0,744	0,825	0,895	1,429
0,4	0,541	0,598	0,649	0,696	0,778	0,865	0,94	1,514
0,6	0,576	0,639	0,696	0,749	0,841	0,941	1,025	1,638
0,8	0,609	0,678	0,741	0,798	0,899	1,006	1,098	1,725
1	0,641	0,715	0,782	0,843	0,951	1,064	1,159	1,792
2	0,77	0,859	0,937	1,007	1,126	1,246	1,344	1,99
3	0,851	0,944	1,025	1,095	1,215	1,335	1,433	2,093
$\nu=0,40$								
0,025	0,463	0,506	0,544	0,577	0,634	0,693	0,741	1,08
0,05	0,467	0,512	0,55	0,584	0,643	0,704	0,755	1,12
0,1	0,476	0,522	0,563	0,599	0,661	0,726	0,781	1,199
0,15	0,485	0,533	0,575	0,613	0,679	0,748	0,807	1,273
0,2	0,494	0,544	0,588	0,627	0,696	0,77	0,833	1,339
0,3	0,512	0,565	0,612	0,655	0,731	0,812	0,882	1,448
0,4	0,53	0,586	0,637	0,683	0,765	0,853	0,93	1,529
0,6	0,564	0,627	0,683	0,735	0,828	0,928	1,015	1,64
0,8	0,597	0,665	0,727	0,784	0,885	0,993	1,085	1,713
1	0,628	0,701	0,768	0,828	0,935	1,048	1,143	1,765
2	0,751	0,838	0,914	0,982	1,097	1,212	1,305	1,913
3	0,825	0,914	0,99	1,057	1,17	1,282	1,374	1,988