

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

«ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВВЕДЕНИЯ СВЕТОФОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ»

Исходные данные

Интенсивность движения по главной дороге $N_{гл}$ авт/ч, в том числе «к центру» N_1 авт/ч, «от центра» – N_2 авт/ч. Интенсивность движения по второстепенной дороге $N_{вт}$ авт/ч, в том числе к центру – N_3 авт/ч, от центра N_4 авт/ч.

Число полос для движения по главной дороге «к центру» – одна, от центра – одна; по второстепенной дороге – две (по одной в каждом направлении). Состав потока в долях: грузовые автомобили d_1 , автобусы d_2 , легковые автомобили d_3 . Коэффициент неравномерности движения $k_n = 0,1$. Главную дорогу пересекают $N_{пеш}^{2л}$ пешеходов в сутки, второстепенную $N_{пеш}^{6м}$. За последний год на перекрестке произошло N_m ДТП с материальным ущербом, N_n чел погиб, N_p чел получили ранения с инвалидностью.

Согласно плану мероприятий по совершенствованию организации движения на перекрестке устанавливают светофоры стоимостью K_6 (тыс. р.) и пешеходные ограждения, стоимость которых составляет K (тыс. р.). Длительность цикла светофорного регулирования $T_{ц} = \text{---}$ с, в том числе длительность зеленого сигнала светофора $t_3^{2л}$ для главной дороги --- с, для второстепенной $t_3^{6м} = \text{---}$ с, длительность двух желтых сигналов по 3 с каждый. Ориентировочно стоимость 1 часа задержки грузового автомобиля $S_{ч1} = 420$ р., легкового автомобиля $S_{ч3} = 310$ р., автобуса $S_{ч2} = 530$ р., пешехода $S_n = 25$ р.

Варианты для практического задания «Обоснование экономической целесообразности введения светофорного регулирования на перекрестке»

Вариант	N1	N2	N3	N4	d1, %	d2, %	d3, %	$N_{пеш}^{2л}$	$N_{пеш}^{6м}$	N_m	N_n	N_p	K_6	K	Tц	$t_3^{2л}$	$t_3^{6м}$
1	500	300	200	150	13	20	67	2000	4000	50	3	9	2500	280	60	30	24
2	550	340	200	180	12	18	70	1950	4500	48	4	7	2600	290	60	30	24
3	600	360	200	130	11	21	68	1900	3000	45	2	3	2500	270	60	30	24
4	650	380	200	120	10	15	75	1800	3500	30	2	6	2700	300	60	30	24
5	700	400	300	110	9	11	80	1850	4100	32	3	1	2500	295	60	30	24
6	500	320	300	100	12	16	72	1700	4200	25	1	3	2600	335	60	30	24
7	550	300	300	150	9	13	78	1750	4300	20	1	4	2700	280	60	30	24
8	600	300	300	180	15	16	69	1600	4400	33	4	2	2600	310	60	30	24
9	650	340	250	130	8	12	80	2000	3100	28	3	2	2500	300	60	30	24
0	700	360	250	120	7	11	82	1950	3200	45	6	8	2700	350	60	30	24

ВАРИАНТ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ПО ПОСЛЕДНЕЙ ЦИФРЕ НОМЕРА ЗАЧЕТНОЙ КНИЖКИ

Решение

Для обоснования экономической целесообразности введения светофорного регулирования необходимо определить затраты по эксплуатации светофорного объекта; экономию от снижения задержек транспортных средств, пассажиров и пешеходов; снижение ущерба от ДТП.

1. Определяем потери времени транспортными средствами на нерегулируемом перекрестке.

Средняя интенсивность движения по одной полосе главной дороги

$$N_{cp} = \frac{(N_1 + N_2)}{2}, \text{ авт/ч.} \quad (1)$$

Средняя интенсивность движения по одной полосе второстепенной дороги

$$N_{cp} = \frac{(N_3 + N_4)}{2}, \text{ авт/ч.} \quad (2)$$

Потери времени за год на нерегулируемом перекрестке определяем по формуле

$$T_{тр}^{суц} = \frac{365 * N_{см} * t_0}{3600 * k_n}, \quad (3)$$

где $N_{см}$ – интенсивность движения транспортных средств по второстепенному направлению в час «пик» в обоих направлениях («туда» и «обратно») в физических единицах, авт/ч;

$t_0^{см}$ – средняя задержка одного автомобиля следующего по второстепенной дороге, принимаем по табл. 1 для соответствующего граничного интервала, с.

Величина граничного интервала зависит от количества полос движения на главной дороге и составляет 7 секунд для двухполосной дороги, 9 секунд – для 3-4 полос и 10 секунд – при количестве полос более 4.

Таблица 1 – Значения средних задержек одного автомобиля на перекрестке

Интенсивность движения по главной дороге в час пик, авт/ч	Интенсивность движения по одной полосе второстепенной дороги, авт/ч					Интенсивность движения по главной дороге	Интенсивность движения по одной полосе второстепенной дороги, авт/ч				
	100	200	300	400	500		100	200	300	400	500
Граничный интервал $t_{гр}=7$ с						Граничный интервал $t_{гр}=9$ с					
100	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	100	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4
200	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	200	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2
300	2,6	2,9	3,1	3,4	3,8	300	5,0	5,8	6,9	8,6	11,3
400	3,9	4,4	5,1	5,9	7,1	400	7,8	10,0	14,0	22,9	63,2
500	5,5	6,6	8,0	10,4	14,7	500	11,8	17,7	34,9	1155,9	–
600	7,5	9,6	13,1	20,6	48,3	600	17,7	35,0	1298,6	–	–
700	10,1	14,1	23,2	65,7	–	700	27,0	109,1	–	–	–
800	13,5	21,6	54,0	–	–	800	43,7	–	–	–	–
900	18,0	36,1	–	–	–	900	81,2	–	–	–	–
1000	24,4	76,2	–	–	–	1000	237,2	–	–	–	–
Граничный интервал $t_{гр}=10$ с											
100	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	500	17,2	33,2	430,8	–	–
200	3,7	4,1	4,6	5,3	6,3	600	28,0	127,0	–	–	–
300	6,6	8,1	10,5	14,9	25,4	700	49,2	–	–	–	–
400	10,8	15,5	27,3	113,6	–	800	108,4	–	–	–	–
						900	987,4	–	–	–	–

Примечание: Прочерки в таблице означают, что задержка очень высока и необходимость введения светофорного регулирования очевидна.

Стоимость потерь времени на нерегулируемом перекрестке

$$C_{mp}^{cym} = T_{TP}^{cym} \sum_{i=1}^n S_{ij} d_j, \quad (4)$$

где S_{ij} – стоимость 1 авт-ч для j -го типа автомобиля, р.;

d_j – доля автомобилей j -го типа в транспортном потоке (в исходных данных даны проценты, необходимо перевести в доли);

n – число типов подвижного состава.

2. Определяем потери времени транспортными средствами на регулируемом перекрестке.

Потери времени за год

$$T_{TP}^P = \frac{365 * \sum_{i=1}^n N_i * t_{0i}}{3600 * k_n}, \quad (5)$$

где N_i – интенсивность движения в данной фазе в данном направлении, авт/ч;

t_{0i} – средняя задержка в данной фазе в данном направлении, с.

$$t_{0i} = \frac{M_i * (T_u - t_{zi})^2}{2T_u (M_i - N_i')}, \quad (6)$$

где t_{zi} – длительность зеленого сигнала светофора в фазе i в данном направлении, с;

M_i – величина потока насыщения в данном направлении, ед/ч;

N_i' – приведенная интенсивность движения в данном направлении, ед/ч.

Поток насыщения для случая движения в прямом направлении по дороге без продольных уклонов

$$M = 525B_0, \quad (7)$$

где B_0 – ширина проездной части, м.

Формула применима при $5.4\text{ м} \leq B_0 \leq 18\text{ м}$.

Для нашего случая при ширине проездной части 3,75 м: $M_1 = M_2 = M_3 = M_4 = 1970$ ед/ч. (табл. 2)

Таблица 2 – Значения потока насыщения в зависимости от ширины проезжей части

$M, \text{ед/ч}$	1850	1920	1970	2075	2700
B_0	3,0	3,5	3,75	4,2	5,1

Приведенная интенсивность движения с учетом состава потока определяется на основе коэффициентов приведения, равных 1 для легковых, 2 для грузовых автомобилей грузоподъемностью свыше 5 до 8 т и 2,5 для автобусов:

Для движения по направлению к центру

$$N_1' = N_1 * d_1 + 2N_1 * d_2 + 2,5N_1 * d_3,$$

для движения по направлению от центра

$$N_2' = N_2 * d_1 + 2N_2 * d_2 + 2,5N_2 * d_3,$$

Для движения по второстепенной дороге аналогично определяется N_3' и N_4' .

Средняя задержка одного автомобиля по направлениям :

$$\text{главная дорога «к центру» } t_{01} = \frac{M_1 * (T_y - t_3^{2l})^2}{2T_y (M_1 - N'_1)} ; \quad (8)$$

$$\text{главная дорога от «центра» } t_{02} = \frac{M_2 * (T_y - t_3^{2l})^2}{2T_y (M_2 - N'_2)} ; \quad (9)$$

$$\text{второстепенная дорога «к центру» } t_{03} = \frac{M_3 * (T_y - t_3^6)^2}{2T_y (M_3 - N'_3)} ; \quad (10)$$

$$\text{второстепенная дорога от «центра» } t_{04} = \frac{M_4 * (T_y - t_3^6)^2}{2T_y (M_4 - N'_4)} . \quad (11)$$

Средневзвешенное значение задержки

$$t_{0cp} = \frac{t_{01} N_1 + t_{02} N_2 + t_{03} N_3 + t_{04} N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} . \quad (12)$$

Потери времени за год на регулируемом перекрестке

$$T_{mp}^p = \frac{365 * (N_{2l} + N_{6m}) * t_{0cp}}{3600k_n} . \quad (13)$$

Стоимость потерь времени на регулируемом перекрестке

$$C_{mp}^p = T_{mp}^p \sum_{i=1}^n S_{ij} d_j \quad (14)$$

3. Определяем затраты, связанные с потерями времени пассажирами.

Стоимость потерь времени, теряемого пассажирами за год на нерегулируемом перекрестке

$$C_{nacc}^{сущ} = T_{mp}^{сущ} S_n * (d_2 B_2 \eta_2 + d_3 B_3 \eta_3) , \quad (15)$$

где S_n – экономическая оценка 1ч времени пассажиров ,р/ч;

η_2, η_3 – коэффициенты использования вместимости для автобуса и для легкового автомобиля ($\eta_2=0,75; \eta_3=0,4$);

B_2, B_3 – номинальная вместимость автобуса и легкового автомобиля, чел. на регулируемом перекрестке.

Стоимость потерь времени, теряемого пассажирами за год на регулируемом перекрестке

$$C_{nacc}^p = T_{mp}^p S_n * (d_2 B_2 \eta_2 + d_3 B_3 \eta_3) . \quad (16)$$

4. Определяем затраты, связанные с потерей времени пешеходами на нерегулируемом перекрестке.

Потери времени пешеходов составляют

$$T_{neu}^{сущ} = \frac{365 * (N_{neu}^{2l} * t_{neu}^{2l} + N_{neu}^{6m} * t_{neu}^{6m})}{3600} , \quad (17)$$

где $t_{neu}^{6m}, t_{neu}^{2l}$ – время задержки одного пешехода, пересекающего второстепенную и главную дорогу, с.

В условиях нерегулируемого движения средняя задержка одного пешехода определяется по формуле

$$t_{neu} = -0,036 + 0,032N, \quad (18)$$

где N -интенсивность движения транспортных средств ,авт/ч.

Стоимость потерь времени, теряемого пешеходами за год на нерегулируемом перекрестке

$$C_{new}^{сущ} = T_{new}^{сущ} * S_n, \text{ р.} \quad (19)$$

Затраты времени пешеходами на регулируемом перекрестке для двух направлений движения

$$T_{new}^p = \frac{365}{3600} (N_{new}^{эл} \frac{(T_{\psi} - t_3^{эм})^2}{2T_{\psi}} + N_{new}^{эм} \frac{(T_{\psi} - t_3^{эл})^2}{2T_{\psi}}). \quad (20)$$

Стоимость потерь времени, теряемого пешеходами на регулируемом перекрестке

$$C_{new}^p = T_{new}^p * S_n. \quad (21)$$

5. Определяем ущерб от дорожно-транспортных происшествий

Ежегодный ущерб от ДТП на нерегулируемом перекрестке (существующий ущерб) определяется по формуле:

$$C_{\partial} = \frac{\Pi_n N_n + \Pi_p N_p + \Pi_M N_M}{T}, \quad (22)$$

где $\Pi_n, \Pi_{и}, \Pi_p, \Pi_M$ – народнохозяйственные потери соответственно в случае гибели людей, получения ими инвалидности, легких телесных повреждений и материального ущерба, тыс. р. (ориентировочно можно принять в тыс. р.: $\Pi_n = 14599$; $\Pi_p = 9101$; $\Pi_M = 740$).

N – количество ДТП (принимается в соответствии с исходными данными);

T – период, в данной работе $T = 1$ год.

Ущерб от ДТП после установки светофорного объекта с пешеходными ограждением

$$C_{ДТП}^p = C_{ДТП}^{сущ} k_{n1} k_{n2}, \quad (23)$$

где $C_{ДТП}^{сущ}$ -потери от ДТП на нерегулируемом перекрестке, тыс. р.;

k_{n1} -коэффициент снижения потерь при установке светофора, $k_{n1}=0,35$;

k_{n2} -коэффициент снижения потерь при установке пешеходного ограждения, $k_{n2}=0,5$.

Снижения ущерба от ДТП после осуществления намечаемых мероприятий снизится и составит

$$\Delta C_{ДТП} = C_{ДТП}^{сущ} - C_{ДТП}^p. \quad (24)$$

6. Определяем затраты на эксплуатацию светофорного объекта.

Затраты на техобслуживание и текущий ремонт светофорного объекта

$$I_p = \frac{(K_{\partial} + K) H_p}{100}, \quad (25)$$

где K_{∂} – стоимость светофоров тыс. р.;

K – стоимость пешеходных ограждений, тыс. р.;

H_p – норма отчислений на текущий ремонт и техобслуживание светофоров ($H_p=5\%$).

Годовые затраты на электроэнергию

$$I_{эл} = C_{эл} kPT_{р\partial}, \quad (26)$$

где $C_{эл}$ – стоимость 1 кВт*ч электроэнергии, 6 руб.;

k – число источников, 12 шт. ;

P – мощность одной лампы, 0,36 кВт;

$T_{p.б}$ – число часов работы оборудования в течение года (определяется как произведение дней работы в году на число часов работы в сутки).

Суммарные затраты по эксплуатации объекта за год

$$C_{\text{э}}^{np} = I_p + I_{\text{эл}} \quad (27)$$

7. Рассчитываем показатели экономической эффективности намечаемых мероприятий.

На основе произведенных расчетов составляем итоговую таблицу затрат и результатов (табл. 3)

Таблица 3 – Расчет затрат и результатов

№ п/п	Показатели	Значение показателей по вариантам ,тыс. р.	
		существующий	проектируемый
1	Капитальные вложения	-	
2	Транспортно-эксплуатационные затраты		
3	Затраты пассажиров, связанные с задержками ТС на перекрестке		
4	Затраты пешеходов, связанные с переходом улиц вблизи перекрестка		
5	Ущерб от ДТП		
6	Затраты по эксплуатации оборудования	-	
7	Сумма текущих затрат		
8	Результаты от внедрения мероприятий на первый год эксплуатации	-	

Сумма текущих затрат рассчитывается как сумма затрат по каждому из вариантов, которые учитываются в колонках с п.2 по п.6.

Результаты от внедрения мероприятий на первый год эксплуатации определяются как разница между существующей и проектируемой суммой текущих затрат.

Расчет экономической эффективности проектных решений ведем в табличной форме (табл. 4). Расчетный период принимаем равным 5 годам. Год окончания строительства считаем «нулевым» годом, в который записываем затраты (отток денежных средств) в сумме, равной величине инвестиций (капитальных или единовременных затрат).

Результат (приток денежных средств) на первый год эксплуатации определяется как разница показателей суммы текущих затрат по существующему и проектируемому варианту (п. 8 табл. 3). На последующие годы значение результата увеличиваем исходя из темпов инфляции 3 % в год, т.е. коэффициент роста равен 1,03.

Дисконтирующий множитель рассчитан исходя из нормы дисконта $\delta = 0,2$ по формуле

$$\alpha_t = \frac{1}{(1 + \delta)^{t_n - t_0}}, \quad (28)$$

где t_n – номер текущего года;

t_0 – номер года, к которому приводятся все затраты (нулевой год-год окончания строительства объекта).

Расчеты по формуле (28) проводятся на период полезного срока использования объекта, в нашем задании – 5 лет, т.е. по формуле (28) будут проведены 5 расчетов.

Результаты расчетов по формуле (28) округлять до тысячных.

Таблица 4 – Показатели эффективности проекта (ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ)

№ п/п	Показатели	Значение показателей по годам, тыс. р.					
		0	1	2	3	4	5
1	Затраты, отток денежных средств, тыс. руб.	700	-	-	-	-	-
2	Результаты, приток денежных средств, тыс. руб.	-	600	618	637	656	676
3	Чистый доход накопленным потоком, тыс. руб.	-700	-100	518	1155	1811	2487
4	Дисконтирующий множитель, коэфф.	1	0,833	0,694	0,579	0,482	0,402
5	Чистый дисконтированный доход (ЧДД=ЧД× α_t), тыс. руб.	-	499,8	428,9	368,8	316,2	271,8
6	Чистый дисконтированный доход накопленным потоком (реальная ценность проекта РЦП), тыс. руб.	-700	-200,2	228,7	597,5	913,7	1185,5

Срок окупаемости с учетом дисконтирования

$$T_{ок} = t_m + \frac{|S_m|}{|S_m| + S_{m+1}}, \quad (29)$$

где t_m -количество лет, когда ЧДД накопленным итогом (РЦП) остается отрицательным;

$|S_m|$ -абсолютная величина отрицательного значения ЧДД накопленным итогом в последнем году из t_m ;

S_{m+1} -положительная величина ЧДД накопленным итогом в году, следующим за t_m .

ПРИМЕР:

$$T_{ок} = 1 + \frac{200,2}{200,2 + 228,7} = 1,47 \text{ года.}$$

Далее определяют индекс доходности (ИД), который представляет собой отношение суммы денежных притоков (накопленных поступлений ЧДД) к величине капиталовложений. Индекс доходности характеризует «отдачу проекта» на вложенные в него средства.

$$ИД = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^{T_p} (P_t - Z_t) \frac{1}{(1 + \delta)^{t-t_0}}$$

$$Или: ИД = \frac{\text{ЧДД накопл.потоком на последний год}}{\text{капитальные вложения}}$$

$$ПРИМЕР: ИД = \frac{1185,5}{700} = 1,69$$

Если ИД > 1, проект эффективен, если ИД < 1 – неэффективен.

Вывод: мероприятие эффективно (или неэффективно), т.к. сумма чистого дисконтированного дохода за расчетный период положительна (отрицательна) и составляет _____ тыс. р., срок окупаемости капиталных вложений – _____ года, индекс доходности – _____.