

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 504.062+504.43

В. В. Лихачева, канд. техн. наук, М. В. Новиков, А. В. Погребной

**Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет»
в г. Горловка**

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА ЗА СЧЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРОГНОЗА ВОДОПРИТОКА ШАХТ В СТАДИИ ЛИКВИДАЦИИ

Статья посвящена вопросам повышения экологической безопасности регионов, подвергшихся воздействию разработки угольных запасов и последующей ликвидации шахт. В ней рассматривается необходимость проведения исследований и прогнозирования водопритока в условиях закрытия шахт, что позволяет предвидеть возможные экологические риски, связанные с подтоплением и загрязнением подземных вод. В статье освещаются методы оценки водопритока, а также предлагаются рекомендации по реализуемым мерам, направленным на минимизацию экологических последствий. Основное внимание уделяется интеграции научных исследований с практическими решениями для достижения устойчивого управления водными ресурсами в постугольных регионах (например, для прогноза возможной замены пресных вод на шахтные; для верного определения мощности планируемых к эксплуатации водоотливных комплексов и т. д.).

Ключевые слова: горнодобывающее предприятие, экологическая безопасность, ликвидация угольных шахт, водоприток, прогноз шахтного водопритока, метод аналогий, шахты-аналоги

Введение

Вопросы снижения экологической опасности эксплуатируемых горнодобывающих предприятий рассматривались на протяжении многих десятилетий. Проблема снижения негативного влияния от таких предприятий в стадии ликвидации особенно обострилась в последнее время и не является достаточно изученной.

Ликвидация угольной шахты требует комплексного подхода к решению проблем безопасной жизнедеятельности населения Донецкой Народной Республики и воздействия на работу соседних шахт и промышленных предприятий. Помимо организационных и технико-экономических решений, которые должны быть системно урегулированы при ликвидации угольных шахт, существует и ряд эколого-гидрологических проблем, которые возникают вследствие ликвидации горнодобывающих предприятий [1].

Одной из них являются шахтные воды. После прекращения откачки воды из шахт, происходит восстановление уровней подземных вод до естественных. В результате полного затопления горных выработок шахт возможен выход подземных вод на поверхность. Выход этих вод будет происходить через породы, залегающие в кровле или почве отработанных пластов, через зоны дробления крупных надвигов, выходящих на поверхность, через ранее ликвидированные горные выработки (стволы, сбойки, шурфы), а также в наиболее пониженных местах рельефа. Выходящие на поверхность шахтные воды могут создать значительные проблемы хозяйственной деятельности населения.

Все закрытые шахты гидравлически связаны между собой и с действующими, если таковые имеются, т. е. изменения, происходящие в них, неизбежно влияют и на работающие шахты. За всю историю существования Донбасса как горнопромышленного региона было возведено около 1 тыс. шахтных стволов, поэтому сейчас на одну действующую шахту при-

ходится около 3-х гидравлических связей с ликвидируемыми шахтами через сбойки и целики, имеющие ненормативные размеры.

С резким возрастанием притоков подземных вод в шахты в период массового закрытия и с изменением их уровня, а также вследствие увеличения числа техногенных источников загрязнения проблема охраны и восстановления качества ресурсов подземных вод на территориях, прилегающих к зонам влияния закрытых шахт, еще более обострилась. Следовательно, вопрос прогнозирования водопритока ликвидируемых шахт является весьма актуальным (например, для верного определения мощности планируемых к эксплуатации водоотливных комплексов) [2].

Анализ публикаций

Значительный вклад в развитие теории и научных методических основ гидрогеоэкологии внесли В. А. Мироненко, В. М. Шестаков, В. М. Гольдберг, В. И. Осипов, В. Г. Румынии, Ф. М. Бочеввер, А. Е. Орадовская, Н. Н. Веригин, А. А. Рошаль, С. Л. Шварцев, Е. В. Пиннекер и другие исследователи.

Однако методы и научные принципы организации гидрогеоэкологического мониторинга, а также прогнозный анализ геофильтрационных и миграционных процессов при ликвидации горнодобывающих компаний остаются недостаточно разработанными. Это обстоятельство определило актуальность дополнительных исследований по прогнозу шахтного водопритока.

Цель работы – исследовать и спрогнозировать возможный водоприток шахт в стадии ликвидации для повышения экологической безопасности региона.

Основная часть

Угленосный район Центрального Донбасса относится к полужакрытому типу месторождений, где продуктивный слой каменноугольных пород покрыт не повсеместно мало-мощной толщей четвертичных отложений. Благодаря этому создаются благоприятные условия для питания водоносных горизонтов атмосферными осадками и поверхностными водами, что отражается на величине притока воды в выработки шахт, разрабатывавших угольные пласты, особенно на небольших глубинах. С глубиной влияние климатических условий уменьшается и на глубинах 500–600 м практически отсутствует.

В режиме обводнения шахт основную роль играют водопритоки, поступающие в капитальные и подготовительные выработки.

Величина водопритока, главным образом, определяется степенью трещиноватости и водонасыщенности горных пород.

Величина общешахтных водопритоков колеблется от 2 784 до 23 664 м³/сутки. На верхний (первый от поверхности) горизонт поступает около 66–75 % воды от общешахтного водопритока, с глубиной водонасыщенность пород уменьшается [3].

Суммарный шахтный водоотлив 28 шахт Донбасса за 2023 год составлял 189 312 м³/сутки.

Водоприток по шахтам г. Горловка представлен в таблице 1. По шахтам города Горловка, согласно таблице 1, водоприток 10 шахт составлял в 2023 году 3 235 м³/ч, а средний за 18 лет – 3 022 м³/ч.

Проведем исследование статических зависимостей данных фактических водопритоков за 18 лет.

Подавляющее большинство погрешностей в измерениях имеет нормальное распределение. Отклонение от нормального распределения чаще всего свидетельствует о наличии в результатах измерений систематических погрешностей. Для определения таких отклонений в измерениях водопритока шахты «Кочегарка» города Горловка используем специальные показатели, которые называются асимметрией $S(Q)$ и эксцессом $E(Q)$ [4].

Таблица 1 – Водоприток шахт города Горловки за 18 лет

Год	Водоприток шахт города Горловка Q_i , м ³ /час										
	«Кочегарка»	Им. Ленина	«Комсомолец»	Им. Изотова	Им. Гагарина	Им. Калинина	Им. Румянцева	«Кондратьевка»	«Александр – Запад»	Им. Гаевого	Шахты г. Горловка
2006	251	376	164	228	536	415	182	290	156	300	2 898
2007	256	399	161	235	531	431	236	291	171	327	3 038
2008	254	422	176	234	543	432	309	299	163	353	3 185
2009	253	434	169	252	597	392	331	273	189	312	3 202
2010	257	424	158	222	572	353	329	283	174	307	3 079
2011	254	404	170	194	622	408	334	294	168	316	3 164
2012	250	416	160	206	594	400	337	290	154	300	3 107
2013	292	403	171	231	585	402	329	298	160	350	3 221
2014	254	408	174	293	522	417	328	301	138	355	3 190
2015	268	416	194	316	434	408	324	310	137	318	3 125
2016	294	451	166	242	454	405	328	286	116	278	3 020
2017	260	411	168	206	408	382	324	284	117	285	2 845
2018	290	412	143	198	384	379	323	297	128	292	2 846
2019	292	406	138	171	418	384	326	302	136	316	2 889
2020	272	388	148	167	349	397	327	300	115	394	2 857
2021	244	377	139	157	360	391	324	299	129	350	2 770
2022	267	385	165	149	597	390	321	330	129	–	2 733
2023	286	382	164	148	731	405	325	326	121	347	3 235
Всего	4 794	7 314	2 928	3 849	9 237	7 191	5 637	5 353	2 601	5 500	54 404

Они рассчитываются по формулам:

$$S(Q) = \frac{\mu_3}{m^3}, \quad (1)$$

$$E(Q) = \frac{\mu_4}{m^4} - 3, \quad (2)$$

где μ_3 и μ_4 – центральные моменты третьего и четвертого порядков, которые вычисляются по формулам:

$$\mu_3 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_i^3, \quad (3)$$

$$\mu_4 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_i^4, \quad (4)$$

где n – количество измерений;

σ – флуктуация (или отклонение), она определяется как:

$$\sigma_i = Q_i - \bar{Q}, \quad (5)$$

где Q_i – i -е значение шахтного водопритока;

\bar{Q} – среднее арифметическое значение шахтного водопритока, которое вычисляется по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (6)$$

где m – эмпирический стандарт (или средняя квадратичная погрешность), при $n < 30$ она рассчитывается по формуле Бесселя [5]:

$$m = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_i^2}. \quad (7)$$

Асимметрия применяется для оценки симметричности распределения. Если распределение симметричное, то $S(Q) = 0$. Второй показатель отклонения распределения от нормального – эксцесс – характеризует остроконечность кривой распределения. Если распределение нормальное, то $\frac{\mu_4}{\mu_3} = 3$ и $E(Q) = 0$ [6].

Поскольку выборочные асимметрия и эксцесс являются случайными величинами, то даже для нормального распределения могут отличаться от нуля. Они считаются существенными, если

$$|S(Q)| > 3 \cdot m_s, \quad (8)$$

$$|E(Q)| > 5 \cdot m_E, \quad (9)$$

где m_s , m_E – эмпирические стандарты асимметрии и эксцесса, которые определяются по формулам:

$$m_s = \sqrt{\frac{6 \cdot (n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)}}; \quad (10)$$

$$m_E = \sqrt{\frac{24 \cdot n \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n+1)^2 \cdot (n+3) \cdot (n+5)}}. \quad (11)$$

Выполним проверку водопритока шахты «Кочегарка» на нормальность распределения по приведенным формулам. Предварительные расчеты сведем в таблицу 2.

Таблица 2 – Предварительные расчеты для проверки водопритока шахты «Кочегарка» на нормальность

Год	Q_i	$Q_i - \bar{Q}$	$(Q_i - \bar{Q})^2$	$(Q_i - \bar{Q})^3$	$(Q_i - \bar{Q})^4$
1	2	3	4	5	6
2006	251	-15,33	235,01	-3 602,69	55 229,18
2007	256	-10,33	106,71	-1 102,30	11 386,79
2008	254	-12,33	152,03	-1 874,52	23 112,79
2009	253	-13,33	177,69	-2 368,59	31 573,34
2010	257	-9,33	87,05	-812,17	7 577,51
2011	254	-12,33	152,03	-1 874,52	23 112,79
2012	250	-16,33	266,67	-4 354,70	71 112,30
2013	292	25,67	658,95	16 915,22	434 213,64
2014	254	-12,33	152,03	-1 874,52	23 112,79
2015	268	1,67	2,79	4,66	7,78
2016	294	27,67	765,63	21 184,95	586 187,59
2017	260	-6,33	40,07	-253,64	1 605,52

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
2018	290	23,67	560,27	13 261,56	313 901,24
2019	292	25,67	658,95	16 915,22	434 213,64
2020	272	5,67	32,15	182,28	1 033,55
2021	244	-22,33	498,63	11 134,38	248 630,77
2022	267	0,67	0,45	0,30	0,20
2023	286	19,67	386,91	7 610,50	149 698,49
Σ	4 794	0,06	4 934,02	46 822,66	2 415 709,91

Тогда среднее арифметическое значение водопритока шахты «Кочегарка» за 18 лет равно:

$$\bar{Q} = \frac{1}{18} \cdot 4\,794 = 266,33 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Центральные моменты третьего и четвертого порядка:

$$\mu_3 = \frac{1}{18} \cdot 46\,822,66 = 2\,601,26;$$

$$\mu_4 = \frac{1}{18} \cdot 2\,415\,709,91 = 134\,206,1.$$

Эмпирический стандарт или средняя квадратичная погрешность:

$$m = \sqrt{\frac{4\,934,02}{17}} = 17,036.$$

По этим данным рассчитаем асимметрию и эксцесс:

$$S(Q) = \frac{2\,601,26}{17,036^3} = 0,526;$$

$$S(E) = \frac{134\,206,1}{17,036^4} - 3 = -1,407.$$

Эмпирические коэффициенты асимметрии и эксцесса равны:

$$m_s = \sqrt{\frac{6 \cdot (18-1)}{(18+1) \cdot (18+3)}} = 0,506;$$

$$m_E = \sqrt{\frac{24 \cdot 18 \cdot (18-2) \cdot (18-3)}{(18+1)^2 \cdot (18+3) \cdot (18+5)}} = 0,771.$$

В нашем случае:

$$|S(Q)| = 0,526 < 3 \cdot 0,506 = 1,518;$$

$$|E(Q)| = 1,407 < 5 \cdot 0,771 = 3,855.$$

Таким образом, можно сделать вывод, что распределение ряда водопритока в шахту «Кочегарка» за 18 лет подчиняется нормальному закону.

Прогнозные водопритоки в горные выработки горизонтов шахт можно рассчитывать, применяя метод аналогий. За основу расчета берутся фактические водопритоки в шахты-аналоги.

Расчет прогнозных притоков воды в горные выработки выполняется по формуле В. Г. Кнерцера [7]:

$$Q = b \cdot H_{np}^{0,35} \cdot P_{np}^{0,70}, \quad (12)$$

где H_{np} – глубина проектируемого горизонта, м;

P_{np} – производительность проектируемого горизонта, т/сут;

b – параметр, который отражает гидрогеологические условия шахтного поля, и рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{Q_{\phi}}{H_{\phi}^{0,35} \cdot P_{\phi}^{0,70}}, \quad (13)$$

где Q_{ϕ} – фактический водоприток в действующую шахту-аналог, м³/сут;

H_{ϕ} – фактическая глубина горизонта шахты-аналога, м;

P_{ϕ} – фактическая производительность горизонта действующей шахты-аналога, т/сут.

Выполним расчет прогнозных притоков воды в шахту «Кочегарка» с помощью метода аналогий. В качестве шахты-аналога примем шахту «Кочегарка», которая работала на горизонте 970 м. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3.

Значение параметра b определим как среднее арифметическое по формуле:

$$b = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n b_i, \quad (14)$$

где $n = 40$ – количество измерений.

Тогда $b = 2,150$.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета прогнозных водопритоков

Год, квартал	P_{ϕ} , т/сут	H_{ϕ} , м	Q_{ϕ} , м ³ /сут	b
I	2	3	4	5
1985 г. I	2 924	970	5 352	1,815
II	2 939	-/-	5 232	1,765
III	2 510	-/-	5 352	1,970
IV	2 796	-/-	5 256	1,840
1986 г. I	2 533	970	5 112	1,915
II	2 326	-/-	5 280	2,100
III	2 444	-/-	5 256	2,200
IV	2 655	-/-	5 184	1,880
1987 г. I	2 714	970	5 202	1,860
II	2 773	-/-	5 352	1,880
III	2 592	-/-	5 232	1,970
IV	2 575	-/-	5 256	1,945
1988 г. I	2 708	970	5 424	1,937
II	2 364	-/-	5 304	2,080
III	2 519	-/-	5 448	2,045
IV	2 519	-/-	5 304	1,996
1989 г. I	2 709	970	5 448	1,945
II	2 101	-/-	4 992	2,135

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
III	2 101	-//-	5 232	2,240
IV	2 509	-//-	5 424	2,040
1990 г. I	2 563	970	5 448	2,020
II	2 232	-//-	5 592	2,280
III	2 464	-//-	5 664	2,160
IV	2 583	-//-	5 592	2,060
1991 г. I	2 409	970	5 592	2,160
II	1 954	-//-	5 688	2,550
III	2 230	-//-	5 616	2,295
IV	2 562	-//-	5 256	1,955
1992 г. I	2 560	970	5 712	2,120
II	1 745	-//-	5 448	2,645
III	2 227	-//-	5 472	2,240
IV	2 370	-//-	5 400	2,115
1993 г. I	2 512	970	5 592	2,110
II	1 950	-//-	5 592	2,520
III	2 058	-//-	5 615	2,430
IV	2 002	-//-	5 544	2,443
1994 г. I	1 956	970	5 640	2,525
II	1 821	-//-	5 664	2,670
III	1 998	-//-	5 712	2,520
IV	1 887	-//-	5 712	2,630

Расчет прогнозных притоков воды в шахту «Кочегарка» по формуле (12) сведен в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчет прогнозных водопритоков в шахту «Кочегарка»

Горизонт, м	H , м	Проектная продуктивность $P_{пр}$, т/сут	Расчетный водоприток Q , м ³ /сут	Принятый водоприток Q , м ³ /сут	Принятый водоприток с учетом притока из верхних горизонтов, м ³ /сут	Границы изменений принятого водопритока, м ³ /сут	$H_{абс}$, м
970	970	2 600	–	230	250	240–260	–710
1 080	1 080	4 000	344	350	375	360–390	–820
1 190	1 190	4 000	354	360	385	375–400	–930

Выводы

Таким образом, в данной работе на примере шахты «Кочегарка» рассмотрены научно-технические аспекты организации гидрогеологического прогноза при ликвидации шахт Донбасса. Прогнозирование водопритока ликвидируемых шахт создает комплексный и обоснованный метод определения необходимой производительности проектируемых водоотливных комплексов, мощности требуемых очистных сооружений, оценки затрат на их эксплуатацию и определения объема внедряемых природоохранных мероприятий.

Выявленные закономерности по водопритоку имеют общезначимый характер. Данная прогнозная методика может быть рекомендована к применению не только для обоснования ликвидационных технических мероприятий, но и при строительстве новых шахт.

Прогнозирование шахтного водопритока является важным инструментом для минимизации рисков и оптимизации процессов ликвидации шахт, что помогает сохранить экологическую и социальную стабильность в регионе.

Список литературы

1. Ермаков, В. Н. Насущные проблемы защиты природной среды при ликвидации шахт / В. Н. Ермаков, А. И. Спожакин // Сборник докладов научно-практической конференции «Донбасс–2020. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность», Донецк, Т. 1. – Донецк, 2001. – С. 25–27.
2. Оценка воздействия процессов ликвидации угольных шахт на экологическую ситуацию в Российском Донбассе / М. Д. Молев, С. А. Масленников, И. А. Занина, А. Г. Илиев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 7. – С. 148–156.
3. Зайцев, А. И. Экологические аспекты ликвидации шахт: оценка воздействия на водные ресурсы / А. И. Зайцев, Н. П. Костенко // Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 45–50.
4. Ивин, Е. А. Учебно-методическое пособие по математической статистике: для социально-экономических специальностей / Е. А. Ивин, А. Н. Курбацкий, Д. В. Артамонов. – Вологда : ИСЭРТ РАН, 2017. – 141 с. – ISBN 978-5-93299-333-0.
5. Садовой, В. Д. Дифференциальное уравнение Бесселя / В. Д. Садовой. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : МАДИ, 2019. – 100 с.
6. Мицель, А. А. Прикладная математическая статистика / А. А. Мицель. – Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2022. – 118 с.
7. Леви, Л. З. Прогноз максимальных водопритоков в горные выработки вероятностно-статистическими методами / Л. З. Леви. – Москва : Недра, 1973. – 96 с.

В. В. Лихачева, М. В. Новиков, А. В. Погребной
Автомобильно-дорожный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка
Повышение экологической безопасности региона за счет исследования и прогноза
водопритока шахт в стадии ликвидации

Рассматриваются вопросы повышения экологической безопасности регионов, подвергшихся воздействию разработки угольных запасов и последующей ликвидации шахт. Проведение исследований и прогнозирование водопритока в условиях закрытия шахт позволяет предвидеть возможные экологические риски, связанные с подтоплением и загрязнением подземных вод.

Существующие методы и научные принципы организации гидрогеоэкологического мониторинга, а также прогнозный анализ геофильтрационных и миграционных процессов водопритока при ликвидации горнодобывающих предприятий остаются недостаточно разработанными. Именно поэтому исследование и прогнозирование водопритока шахт в стадии ликвидации являются актуальными для повышения экологической безопасности региона.

Прогнозные водопритоки в горные выработки горизонтов шахт рассчитаны с применением метода аналогий. За основу расчета берутся фактические водопритоки в шахты-аналоги. Расчет прогнозных притоков воды выполнен на примере шахты «Кочегарка» (г. Горловка). В качестве шахты-аналога принята шахта «Кочегарка», которая работала на горизонте 970 м с 1985 г. по 1994 г.

Прогнозирование водопритока ликвидируемых шахт позволяет комплексно понять проблему повышения экологической безопасности региона, что является важным шагом для обеспечения устойчивого развития и защиты окружающей среды (например, для прогноза возможной замены пресных вод на шахтные; для верного определения мощности вводимых в эксплуатацию водоотливных комплексов и т. д.).

ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ЛИКВИДАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ, ВОДОПРИТОК, ПРОГНОЗ ШАХТНОГО ВОДОПРИТОКА, МЕТОД АНАЛОГИЙ, ШАХТЫ-АНАЛОГИ

V. V. Likhacheva, M. V. Novikov, A. V. Pogrebnoi
Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka
Improving the Environmental Safety of the Region through Research and Forecasting of Water Inflow
from Mines under Liquidation

The issues of improving the environmental safety of regions affected by the development of coal reserves and the subsequent liquidation of mines are considered. Conducting research and forecasting water inflow in conditions of mine closure allows us to anticipate possible environmental risks associated with flooding and groundwater pollution.

Existing methods and scientific principles for organizing hydrogeoecological monitoring, as well as predictive analysis of geofiltration and migration processes of water inflow during the liquidation of mining enterprises, remain insufficiently developed. This is why the study and forecasting of water inflow from mines undergoing liquidation are relevant for improving the environmental safety of the region.

The predicted water inflows into the mine workings of the mine horizons are calculated using the analogy method. The calculation is based on the actual water inflows into the analogous mines. The calculation of predicted water inflows is performed using the example of the Kochegarka mine (Gorlovka). The Kochegarka mine, which operated at the 970 m horizon from 1985 to 1994, was adopted as an analogous one.

Forecasting the water inflow of liquidated mines allows us to comprehensively understand the problem of increasing the environmental safety of the region, which is an important step to ensure sustainable development and environmental protection (for example, to predict the possible replacement of fresh water with mine water; to correctly determine the capacity of drainage complexes being put into operation, etc.).

MINING ENTERPRISE, ENVIRONMENTAL SAFETY, COAL MINE LIQUIDATION, WATER INFLOW, MINE WATER INFLOW FORECAST, ANALOGIES METHOD, ANALOGUES MINES

Сведения об авторах:

В. В. Лихачева

SPIN-код РИНЦ: 1784-9410
Телефон: +7 949 379-75-92
Эл. почта: lixachova@mail.ru

М. В. Новиков

Телефон: +7 949 369-78-31
Эл. почта: maksim.novikov.0207@mail.ru

А. В. Погребной

Телефон: +7 949 306-62-06
Эл. почта: a.v.pogrebnoj@e.adidonntu.ru

Статья поступила 03.04.2025

© В. В. Лихачева, М. В. Новиков, А. В. Погребной, 2025

*Рецензент: М. В. Коновальчик, канд. техн. наук,
Автомобильно-дорожный институт
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*