

Равномерно вращая рукоятку нагружения по часовой стрелке, производим нагружение образца до отрыва пластины и фиксируем текущую нагрузку P в кН и тут же на показывающем приборе определяем предел прочности при сцеплении с основанием.

Результаты определения адгезионной прочности заносятся в таблицу в соответствии с нормативными документами и затем эти показатели оцениваются.

Выводы. Задачи, решаемые при проведении экспериментальных исследований, имеют следующие цели: подтверждение разработанных теоретических положений, получение дополнительных сведений. В лаборатории строительных материалов кафедры ТСМИК ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» разрабатываются технические условия по получению магниезиальных вяжущих строительного назначения, растворов и бетонов на их основе.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас инфракрасных спектров / Под ред. В. В. Печковского. – М. : Наука. 1981. – 248 с.
2. **Вайновад А. Я.** Магнезиальные вяжущие вещества. – Рига : Зинатие, 1971. – 543 с.
3. **Горошков В. С., Тимашев В. В., Савельев В. Г.** Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / Учеб. пособ. – М. : Высшая школа, 1981. – 335 с.
4. **Данилов В. В.** Кислотно-основный аспект гидратации цементом // Твердение цемента: Тез. докл. и сообщ. Всесоюз совещания. – Уфа, 1974. – С. 36 – 39.
5. **Зинюк О. Ю.** ИК-спектроскопия в неорганической технологии. – Л. : Химия, Ленинградское отделение, 1983. – 111 с.
6. Измеритель прочности сцепления (адгезии) облицовочных и защитных покрытий ПСО – 2,5; 5; 10 МГ4. Руководство по эксплуатации. Челябинск : ООО СКВ «Стройприбор», 2006. – 4 с.
7. **Кесслер И.** Методы инфракрасной спектроскопии в химическом анализе. – М. : Наука. 1964. – 224 с.
8. **Колбасов В. М., Леонов И. И., Сулименко Л. М.** Технология вяжущих материалов – М. : Стройиздат, 1987. – 432 с.
9. **Крамар Л. Я.** О требованиях стандарта к магниезиальному вяжущему строительного назначения. Строительные материалы, 2006. – № 1. – С. 54 – 56.
10. **Логвиненко А. Г., Савинкина М. А.** Процессы гидратации вяжущих материалов, подвергнутых механической активации // Гидратация и твердение вяжущих: Тез. докл. и сообщ. Всесоюз. совещания. – Уфа, 1978. – С. 319 – 320.

УДК.621.242:621.891

ОБ ОБОБЩЕННЫХ ЗАВИСИМОСТЯХ ГРАНИЦ ПОЛУЖИДКОСТНОЙ СМАЗКИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПРОФИЛЯ РАБОЧЕЙ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОМПРЕССИОННОГО КОЛЬЦА ДВС

В. Г. Заренбин, д. т. н., проф.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, коническое поршневое кольцо, полужидкостная смазка

Постановка проблемы. Знание границ полужидкостной (смешанной) смазки является необходимым условием для количественного изучения процессов трения и смазки, расчета на заедание трибосопряжения гильза цилиндра (ГЦ) – поршневое кольцо (ПК) двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Наличие зон полужидкостной (ПЖ) смазки в цилиндре ДВС при движении ПК, особенно в районе мертвых точек, подтверждается многочисленными теоретическими и экспериментальными исследованиями [1 – 6]. Как правило, теоретически решается макрогидродинамическая задача смазки применительно к одному ПК с введением тех или иных упрощающих допущений. Так, в работах [1 – 4] приводится расчетно-теоретическое обоснование выбора параметров ПК, определяющих толщину масляной пленки, силу трения и пропуск масла. Также показано, что, не уменьшая общности рассуждений, с достаточной точностью можно рассматривать профиль рабочей поверхности ПК в виде двух наклонных прямых линий [1].

Между тем вопросы влияния на эти процессы остальных ПК и объемов межкольцевых

полостей поршня до сих пор остаются малоизученными. Отсутствуют данные и об обобщенных зависимостях границ полужидкостной смазки от соотношений параметров профиля рабочей поверхности ПК при различных условиях работы ДВС.

Решения этих задач актуальны, т. к. они способствуют уточнению расчетно-теоретических методов изучения процессов трения и износа, применению различных эффективных путей борьбы с заеданием деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) ДВС.

Цель работы. Найти обобщенные зависимости границ полужидкостной смазки от соотношения параметров профиля рабочей конической поверхности компрессионного кольца при ограниченной подаче масла в различных условиях работы ДВС.

Основной материал. Рассмотрим движение компрессионного кольца от одной мертвой точки к другой, имеющего на лицевой рабочей поверхности два участка, наклоненных к поверхности ГЦ под углами θ_1 и θ_2 (рис. 1). Предположим, что текущее количество масла перед i -м кольцом на такте сжатия Q_{ic} определяется объемами $Q_{en.(i+1)}$ и $Q_{en.(i)}$, оставленными на ГЦ ($(i-1)$ и (i) кольцами вследствие их гидродинамического (ГД) отжатия на предшествующем такте впуска; текущими расходами масла $Q_{сж.и}$ и $Q_{сж.(i-1)}$, вызванными ГД отжатием на такте сжатия, а также объемом масла, заполнившего кольцевую полость поршня Q_n . Тогда:

$$Q_{ic} = Q_{en(i+1)} - Q_{en.i} - Q_{сж.и} + Q_{сж(i-1)} + Q_{nc.i} .$$

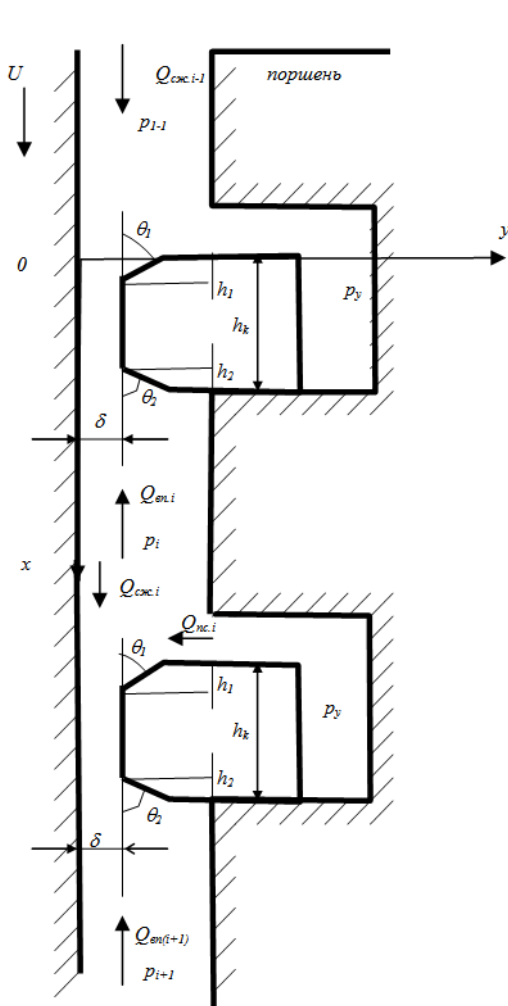


Рис. 1. Расчетная схема для определения начала границы полужидкостной смазки i -го ПК при перемещении поршня к ВМТ на такте сжатия

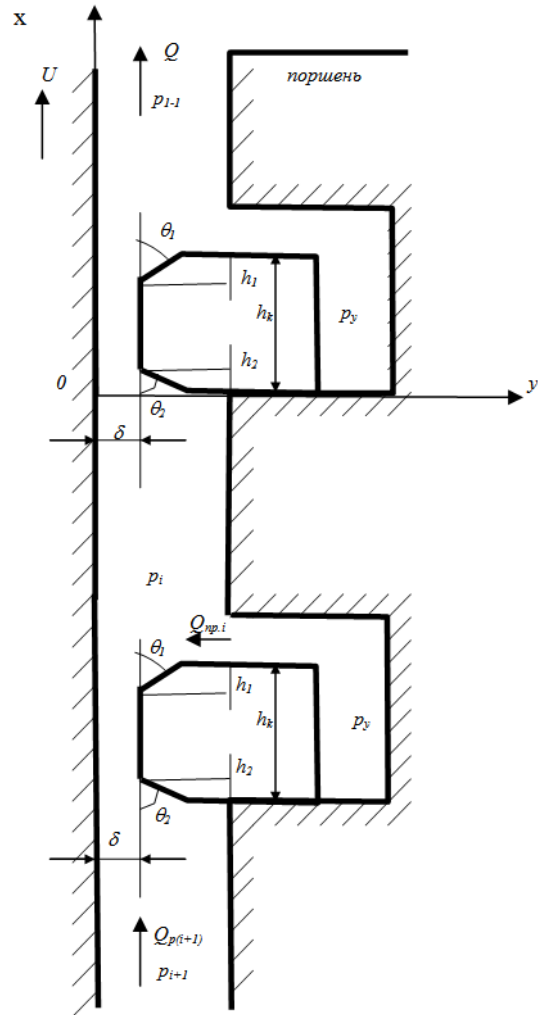


Рис. 2. Расчетная схема для определения начала границы полужидкостной смазки i -го ПК при перемещении поршня от ВМТ на такте расширения

Началу границы полужидкостной смазки будет соответствовать условие $Q_{ic} \leq 0$.
Для верхнего поршневого компрессионного кольца:

$$Q_{1c} = Q_{вн.1} - Q_{сж.1} + Q_{нс.1} \text{ и соответственно } Q_{1c} \leq 0.$$

Опытным путем установлена возможность отсутствия влияния «насосного» действия колец на попадание масла в надпоршневое пространство [2], т. е. $Q_{нс} = 0$, что может рассматриваться как частный случай принятого нами допущения.

Объем масла $Q_{вн.1}$, оставленный верхним ПК на ГЦ, за время такта впуска составит

$$Q_{вн.1} = pD\Delta\phi \sum_{j=1}^N q_{вн.1j},$$

где

$$\Delta\phi = \frac{30}{nN}, \text{ } n - \text{ частота вращения коленчатого вала; } N - \text{ число равных частей деления } q_{вн.1} \text{ за}$$

время впуска, D – внутренний диаметр ГЦ.

Согласно работе [6],

$$q_{вн.1} = -\frac{d\delta}{d\phi} h_{k1} + \frac{1}{\varepsilon(h_{k1})} \left[U\bar{\sigma}(h_{k1}) + 2\frac{d\delta}{d\phi} z(h_{k1}) \right] - \frac{p_1 - p_2}{12\mu\varepsilon(h_{k1})}$$

$$\frac{d\delta}{d\phi} = \frac{6\mu U\sigma_1 - \left[h_{k1} - \frac{\varepsilon_{h_{k1}}}{\varepsilon(h_{k1})} \right] (p_1 - p_2) h_k + p_y \cdot h_k}{12\mu\phi_1},$$

где

$$\sigma_1 = \bar{\sigma}_{h_{k1}} - \frac{\varepsilon_{h_{k1}}}{\varepsilon(h_{k1})} \cdot \bar{\sigma}(h_{k1}), \quad \phi_1 = \frac{z(h_{k1})}{\varepsilon(h_{k1})} \varepsilon_{h_{k1}} - z_{h_{k1}};$$

$$\bar{\sigma}(h_{k1}) = \frac{h_2}{m\delta_2^2} + \frac{h_k - h_1 - h_2}{\delta_2^2}; \quad \varepsilon(h_{k1}) = \frac{(1+m)h_2}{2m^2\delta_2^3} + \frac{h_k - h_1 - h_2}{\delta_2^3};$$

$$z(h_{k1}) = \frac{h_2^2}{2m\delta_2^3} + \frac{[(h_k - h_1)^2 - h_2^2]}{2\delta_2^3};$$

$$\bar{\sigma}_{h_{k1}} = \frac{h_2^2(1-m+m\ln m)}{m\delta_2^2(1-m)^2} + \frac{m(h_k - h_1)^2 + 2(1-m) \cdot h_2 \cdot (h_2 - h_1) - (2-m)h_2^2}{2m\delta_2^2}$$

$$\varepsilon_{h_{k1}} = \frac{m(m-1)h_2^2 + (1+m-2m^2) \cdot h_2(h_k - h_1) + m^2(h_k - h_1)^2}{2m^2\delta_2^3};$$

$$z_{h_{k1}} = \frac{h_2^3(1+2m\ln m - m^2)}{2m\delta_2^3(1-m)^3} + \frac{h^2(1-m)[(h_k - h_1) - h_2]}{2m\delta_2^3} + \frac{(h_k - h_1)^3 - h_2^3}{6\delta_2^3},$$

$h_{k1} = h_k - h_1$, $m = \delta_2/\delta_1$; U – скорость движения ПК; p_1, p_2, p_y – соответственно давление среды со стороны камеры сгорания, под кольцом и от сил упругости ПК; h_k, h_1, h_2 – соответственно общая высота ПК, высоты наклонных участков соответственно со стороны верхней и нижней торцевой поверхности ПК; μ – динамическая вязкость масла; δ_1 и δ_2 – максимальная и минимальная толщины масляной пленки (МП).

Текущее количество масла, проходящего через зазор δ , на такте сжатия:

$$Q_{сж.1} = pD\Delta\phi \sum_{j=1}^{N_\phi} q_{сж.1j},$$

где

$$q_{сж.1j} = -\frac{d\delta}{d\phi} h_{k2} + \frac{1}{\varepsilon(h_{k2})} \left[U\bar{\sigma}(h_{k2}) + 2\frac{d\delta}{d\phi} z(h_{k2}) \right] - \frac{p_2 - p_1}{12\mu\varepsilon(h_{k2})},$$

$$\frac{d\delta}{d\phi} = \frac{6\mu\sigma_2 - \left[h_{k2} + \frac{\varepsilon_{h_{k2}}}{\varepsilon(h_{k2})} \right] (p_1 - p_2) h_k + p_y \cdot h_k}{12\mu\phi_2}$$

N_τ – число равных частей деления $q_{сж.1}$ за время τ ; ξ_2, ϕ_2 – коэффициенты, вычисленные

аналогично, ξ_l и ϕ_l , но с заменой h_{k1} на $h_{k2}=(h_k - h_2)$ и h_2 на h_1 .

Текущее количество масла перед i -м кольцом на также расширения (рис. 2):

$$Q_{ip} = Q_{p(i+1)} + Q_{npi}.$$

Концу границы полужидкостной смазки соответствует условие $Q_{ip} \leq Q_k$, где Q_k – объем масла, заполнившего коническую полость ПК_{*i*}:

$$Q_k = 0,5pDh_2^2 tgu_2.$$

Для верхнего поршневого кольца

$$Q_{1p} = Q_{p2} + Q_{np2}$$

Расчеты углов поворота коленвала, соответствующие границам ПЖ смазки ($\varphi_{пж}$) ПК, проведены при следующих основных исходных данных, характерных для современных быстроходных дизелей: $D = 0,12$ м, $R = 0,06$ м, $h_k = 3 \cdot 10^{-3}$ м, $h_1 = h_2 = 1 \cdot 10^{-3}$ м, $\delta_o = 2 \cdot 10^{-6}$ м, $p_y = 1,5 \cdot 10^5$ Па, $\mu_o = 2,5 \cdot 10^{-2}$ Па·с, $\mu_l = 1 \cdot 10^{-2}$ Па·с, $n = 750 \dots 3000$ мин⁻¹, $\theta_1 = 0,5 \dots 3^\circ$, $\theta_2 = 0,5 \dots 3^\circ$, $\lambda = 0,282$.

Зависимости давлений сред p_1 и p_2 взяты из работы [4].

Динамическая вязкость масла допускалась изменяющейся линейно вдоль стенки ГЦ:

$$m = m_l + 0,5(m_o - m_l)(1 - \cos \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin^2 \varphi).$$

На рисунке 3 приведены обобщающие зависимости $\varphi_{пж}$ начала границы ПЖ смазки на такте сжатия от обобщенного параметра профиля рабочей поверхности верхнего ПК, $\chi_{1,2} = \chi_1/\chi_2$, где $\chi_1 = h_1 \text{tg} \theta_1/h_k$, $\chi_2 = h_2 \text{tg} \theta_2/h_k$ при различных значениях параметра нагруженности $\Phi_1 = 6\mu_o \omega R h_{k1}/(p_y \delta_o^2)$ и $\chi_2 = 0,009$.

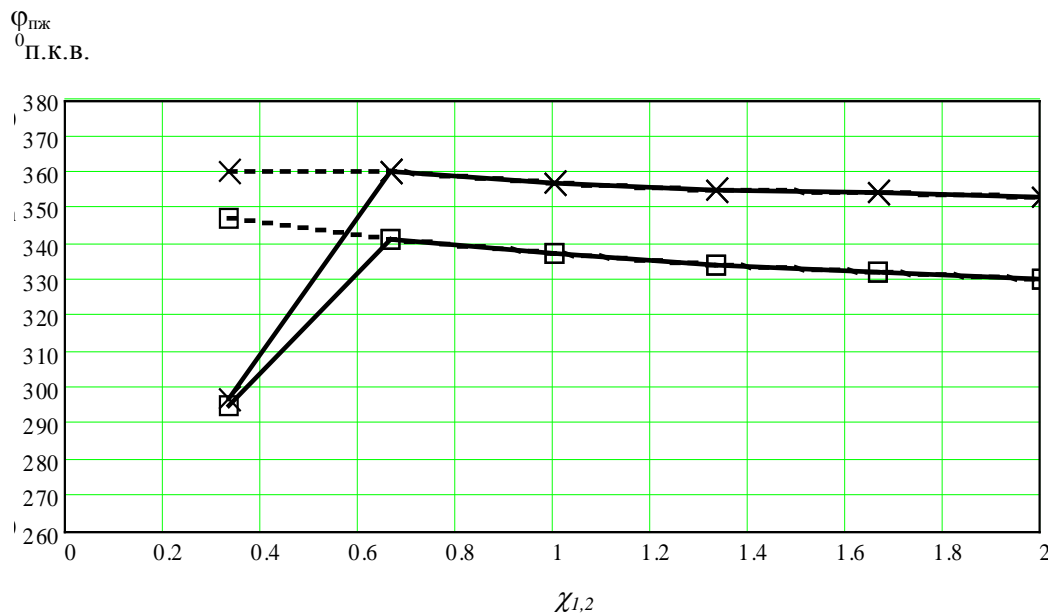


Рис. 3. Зависимости угла поворота коленвала на такте сжатия $\varphi_{пж}$, соответствующие началу зоны возможного полужидкостного трения от параметра $\chi_{1,2}$ при $\chi_2 = 0,009$ и различных значениях величин Φ_1 : 1 – $\Phi_1 = 5.301 \cdot 10^3$, 2 – $\Phi_1 = 2.121 \cdot 10^4$

При изменении $\chi_{1,2}$ от 0,65 до 2 $\varphi_{пж}$ уменьшается по линейной зависимости в интервале 330...360° п. к. в., причем увеличение Φ_1 от $5,3 \cdot 10^3$ до $2,1 \cdot 10^4$ (в 4 раза) приводит к снижению $\varphi_{пж}$ на 20° п. к. в. (в 1,06 раза).

Предельное значение $\varphi_{пж}$, при котором подача смазки становится недостаточной для поддержания режима ГД смазки, можно считать равным 0,65. Если $\chi_{1,2} < 0,65$, то наблюдается резкое снижение $\varphi_{пж}$ до 295° п. к. в., что является недопустимым из-за возможного перехода к заеданию или интенсивному износу трущейся пары. Расчеты показали, что при $\chi_2 = 0,003$ (в нашем случае $\theta_2 = 0,5^\circ$) во всем диапазоне χ_1 переход к ПЖ смазке можно рассматривать без учета ограничений в подаче смазки.

На рисунке 4 изображены обобщающие зависимости $\varphi_{пж}$ конца границы ПЖ смазки на такте расширения от параметра второго компрессионного ПК χ_{22} при различных значениях параметра нагруженности $\Phi_{22} = b\mu_0\omega R h_{k2}$ и параметра верхнего ПК $\chi_2 = 0,003$.

$\varphi_{пж}$
п.к.в.

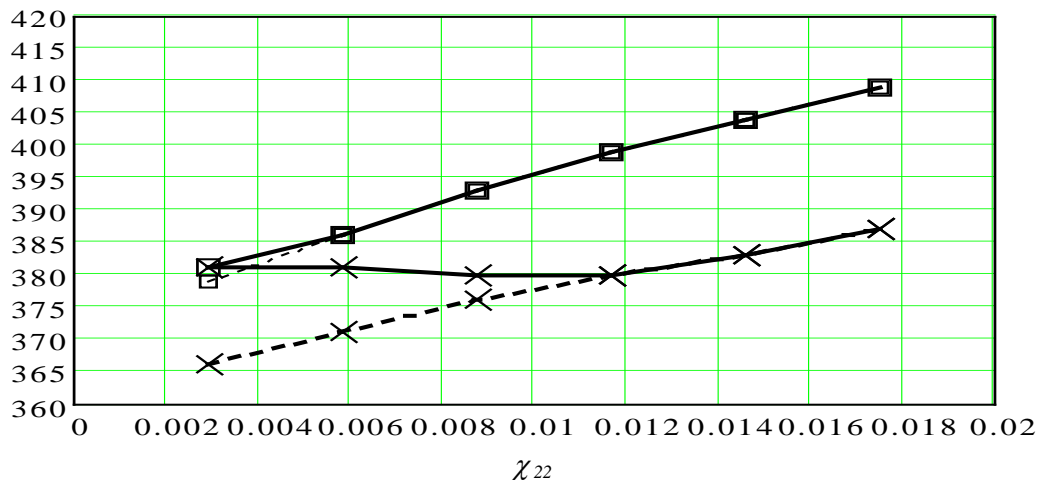


Рис. 4. Зависимости угла поворота коленвала на такте расширения $\varphi_{пж}$ соответствующие концу зоны возможного полужидкостного трения от параметра χ_{22} при $\chi_2 = 0,003$ и различных значениях величины Φ_2 : 1 – $\Phi_2 = 5,30 \cdot 10^3$, 2 – $\Phi_2 = 2,12 \cdot 10^4$

По мере роста χ_{22} от 0,003 до 0,017 $\varphi_{пж}$ при неограниченной смазке увеличивался бы линейно с 380 до 410⁰ п. к. в. при $\Phi_{22} = 5,3 \cdot 10^3$ и с 365 до 387⁰ п. к. в. при $\Phi_{22} = 2,1 \cdot 10^4$.

Однако из-за ограничений в подаче масла граница конца ПЖ смазки при $\Phi_{22} = 2,1 \cdot 10^4$ и изменении χ_{22} от 0,003 до 0,012 сдвигается к 380⁰ п. к. в., т. е. на 15⁰ п. к. в.

При $\chi_2 = 0,009$ предельное значение $\varphi_{пж}$ по ограничению смазки равно 400⁰ п. к. в. при $\chi_{22} = 0,012$ и $\Phi_{22} = 5,3 \cdot 10^3$, а для $\Phi_{22} = 2,1 \cdot 10^4$ границы ПЖ смазки определяются количеством смазки, находящейся под верхним кольцом, и лежат в интервале 390...395⁰ п.к.в. соответственно для $\chi_{22} = 0,002$ и 0,017.

Таким образом, с точки зрения сужения зоны полужидкостной смазки, следует использовать симметричный профиль рабочей конической поверхности ПК с углом конусности 0,5⁰, однако при необходимости усиления его соскабливающего действия в направлении к НМТ угол конусности со стороны нижней торцевой поверхности необходимо увеличить.

При этом из условия обеспечения достаточного количества смазки соотношение параметров должно быть $\chi_1/\chi_2 \leq 0,65...0,7$. Зона полужидкостной смазки в этом случае будет находиться в диапазоне 350...395⁰ п. к. в.

Выводы. 1. Предложена методика расчета обобщенных зависимостей границ полужидкостной смазки от параметров профиля рабочей конической поверхности компрессионного кольца ДВС с учетом влияния на его работу остальных колец.

2. Показана возможность оптимизации параметров профиля конической рабочей поверхности поршневого кольца по сужению границ полужидкостной смазки а, следовательно, и улучшения управления процессами трения, изнашивания и заедания.

3. Дан пример расчета обобщенных зависимостей границ полужидкостной смазки для конкретных условий смазки и трения поршневых колец быстроходного дизеля.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бурштейн Л. М., Кобяков С. В. Основы расчетов смазки и трения поршневого кольца // Двигателестроение. – 1985. – № 3. – С. 6 – 9.
2. Бурштейн Л. М. Трение и смазывание пары «поршневое кольцо – цилиндр» ДВС. Проблемы и перспективы // Автомобильная промышленность. – 1987. – № 4. – С. 6 – 8.
3. Ющенко А. А. Характеристика конического кольца в условиях гидродинамического режима смазки // Промтеплотехника. – 1989. – № 3. – С. 65 – 68.

4. Мохнаткин Э. М. Расчетное определение толщины масляного слоя в районе замкового стыка поршневого кольца // Трение, износ, смазка. СПб. – 2001. – № 4. – С. 37 – 45.
5. Заренбин В. Г. Определение зоны возможного жидкостного трения поршневого кольца // Вісник Придніпр. держ. акад. будівниц. та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2003. – № 6. – С. 27 – 32.
6. Wakuri Yandoth. A study on the oil loss pasta series of piston rings // Bulletin on of the JSME. – 1970. – vol. 13. – № 55. – P. 150 – 169.

УДК 621.868.27

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ПОЧАТКОВИХ ЕТАПІВ РОЗБИРАННЯ ЗАВАЛІВ ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ

С. В. Шатов, к. т. н., доц.

Ключові слова: стихійні лиха, техногенні аварії, зруйновані будівлі, завали на транспортних мережах, технологічні засоби механізації

Проблема. Матеріальні збитки, завдані надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру за останні 11 років в Україні, оцінюються в суму 12 млрд гривень. Стихійні лиха та техногенні катастрофи, аварії спричиняють до пошкодження або руйнування будівель та споруд. Під завалами зруйнованих об'єктів можуть знаходитися потерпілі. Розбирання завалів виконується машинами та механізмами, які не відповідають вимогам цих робіт, що зумовлює виконання рятувальних або відновлювальних робіт за недоскональними технологічними схемами, особливо на початкових етапах. Тому **метою** досліджень є розробка організаційно-технологічних рішень початкових етапів розбирання завалів зруйнованих будівель та споруд із використанням нових типів машин та їх робочого обладнання.

Аналіз публікацій. До стихійних лих відносять землетруси, урагани, зсуви ґрунту та повені. Проявами техногенних катастроф та аварій є вибухи газу, пожежі, руйнування мереж водопостачання та каналізації. Руйнування споруд та будівель залежно від джерела аварії або стихійного лиха, їх потужності, часу дії та інших основних і другорядних чинників, має імовірнісний характер [1 – 6; 12]. У той же час є визначені окремі закономірності їх руйнування [9]. Знання цих закономірностей дозволяє обґрунтовано та за короткий термін спланувати, організувати та виконати роботи на початкових етапах розбирання завалів, зокрема на транспортних мережах [10].

Аналіз аварійно-рятувальних робіт у Вірменії (1989 р.), Дніпропетровську (2007 р.), Євпаторії (2008 р.) показав, що розбирання завалів виконувалось у такій послідовності: підготовка майданчика для виконання робіт; обвалення ушкоджених будівельних конструкцій, що загрожують падінням; руйнування ушкоджених конструкцій та великогабаритних уламків; навантаження й вивезення продуктів розбирання завалів [1; 2]. Недоліком відомої технологічної схеми розбирання завалів є відсутність обґрунтованих рішень початкових етапів щодо вилучення уламків із транспортних мереж (доріг, проїздів) для переміщення до завалу техніки.

Результати дослідження. Для проведення робіт із розбирання завалів зруйнованих будівель A_1 потрібно забезпечити доставку засобів механізації. У тому випадку, коли транспортні мережі B_1 заблоковані уламками, виконують розчищення від них. Для цього розробленими організаційно-технологічними рішеннями передбачається, що при висоті завалів на дорогах до 0,5 м уламки переміщують у сторони від проїздів бульдозерами-розпушувачами G_B із поворотними відвалами [11] або автогрейдером (рис. 1, а).

У разі розташування на дорогах великогабаритних уламків або хаотичного їх скупчення, яке не дозволяє їх зсунути відвалами, окремі уламки доцільно захоплювати гідрокерованими захватами, встановленими на розпушувачах (рис. 1, б). Вилучені уламки переміщують на незначну відстань – до місця їх складування C_1 .

При висоті завалів на дорогах B_1 понад 0,5 м їх розбирають переміщенням дрібних уламків засобами механізації з відвалами, схопленням окремих великогабаритних уламків та завантаженням дрібних уламків у ковші засобів механізації. Для цього використовують бульдозери-розпушувачі із захватами [8] та навантажувачі з ковшами і захватами. Бульдозерами-розпушувачами виконують переміщення відвалом дрібних уламків із завалу або