

A.G. Mnuchin,^{*} *A.M. Briuchanow,*^{**} *I.P. Goroszko,*^{***} *W.I. Jemelianenko,*^{***}
S.W. Nasonow^{****}

ROZPAD BETONÓW O SZCZEGÓLNIIE DUŻEJ WYTRZYMAŁOŚCI POD WPLYWEM ODDZIAŁYWAŃ ELEKTROHYDRAULICZNYCH

Streszczenie

Restrukturyzacja przemysłu obejmująca coraz to nowe jego gałęzie wymaga między innymi unowocześnienia jego infrastruktury technicznej. Często proces ten, wiążący się ze z wymianą maszyn i urządzeń, wymaga likwidacji starych podłoży i fundamentów, na których są one zainstalowane. Są to najczęściej konstrukcje betonowe o dużej wytrzymałości.

W artykule zaprezentowano niekonwencjonalną technikę niszczenia ich struktury z wykorzystaniem oddziaływań elektrohydraulicznych. Istota metody polega na generowaniu wyładowań elektrycznych o wysokim napięciu, przy użyciu specjalnego generatora prądów udarowych (GPU). Impulsy te przez ciecz roboczą (najczęściej wodę), znajdującą się w otworze odwierconym w niszczonej fundamencie betonowym, powodują jego pękanie i odspajanie od monolitu.

Opracowana została seria instalacji elektrohydraulicznych typu „Impuls”, przeznaczona dla rozwiązywania wielu zadań technologicznych związanych z niszczeniem struktury wysokowytrzymałych ośrodków.

Na podstawie kilku przykładów przedstawionych w artykule można ocenić efektywność stosowania technologii i urządzeń w praktyce.

Disintegration of concretes with specially high mechanical strength under the influence of electrohydraulic effects

Abstract

The process of restructuring of the industry, including its newer and newer branches, necessitates, among the other things, the modernisation of its technical infrastructure. Frequently, this process related to the replacement of machinery and equipment, needs liquidating old bases and foundations on which they are installed. In general, they are concrete structures with high mechanical strength. The paper presents an unconventional technique to destroy their structure using the electrohydraulic effects. The essence of the method relies on generating high – voltage electrical discharges by means of a special current surge generator (GPV). These pulses conducted through the working liquid (water in most cases) placed in a borehole drilled in the concrete foundation being destroyed, result in its breaking and detachment from the monolith.

A series of the "Impuls" – type electrohydraulic installations has been developed, designed for solving many technological tasks related to the destruction of the structure of media with high mechanical strength.

On the basis of several examples presented in the paper, one can evaluate the effectiveness of using this technology and equipment in practice.

^{*} Instytut Naukowo-Badawczy ds. Bezpieczeństwa Pracy w Górnictwie (MakNII), członek Akademii Nauk Inżynieryjnych Ukrainy.

^{**} MakNII, członek Akademii Nauk Górniczych Ukrainy.

^{***} MakNII.

^{****} „Elektrohydraulika”.

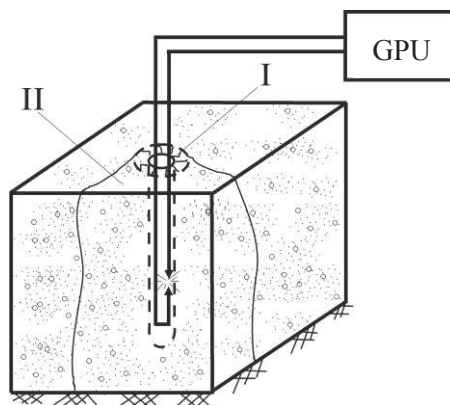
1. WPROWADZENIE

Likwidacja starych wielkogabarytowych podłoży betonowych i fundamentów o dużej wytrzymałości polegająca na zniszczeniu ich struktury, staje się ważnym problemem produkcyjnym, szczególnie w przedsiębiorstwach czynnych prowadzących rekonstrukcję lub wymianę zużytych urządzeń. Należy podkreślić, że aktualność tego problemu wyraźnie wzrosła w ostatnich latach z uwagi na coraz powszechniejsze odnawianie potencjału produkcyjnego przedsiębiorstw. Rozluźnianie i niszczenie struktury podłoża betonowego i fundamentów o bardzo dużej wytrzymałości, metodą tradycyjną, tzn. młotami mechanicznymi – jest procesem pracochłonnym i mało wydajnym. Z kolei zastosowanie specjalistycznej techniki do likwidacji tych obiektów nie zawsze jest możliwe z powodu ograniczonej przestrzeni roboczej, chociaż przy jej wykorzystaniu niektóre firmy osiągają możliwą do przyjęcia efektywność prowadzenia tych prac. Niszczenie struktury podłoży i fundamentów przez eksplozję i stosowanie materiałów wybuchowych, nie biorąc pod uwagę wysokiej wydajności, wymusza również wiele prac przygotowawczych w celu ograniczenia rozrzutu produktów zniszczenia, a także wstrzymania urządzeń produkcyjnych w celu wyprowadzania zarówno pewnych środków technicznych, jak i ludzi ze strefy zagrożonej – wymaga również specjalnych przedsięwzięć związanych z przechowywaniem i transportem środków wybuchowych. Ponadto, stosowanie materiałów wybuchowych nie zawsze gwarantuje zachowanie w stanie nienaruszonym innych konstrukcji i urządzeń znajdujących się w pobliżu miejsca prowadzenia prac strzelniczych. Uwzględniając powyższe uwarunkowania, aktualne staje się stosowanie i wdrażanie nietradycyjnych sposobów niszczenia bardzo wytrzymałych podłoży betonowych i fundamentów, szczególnie w takich przypadkach, kiedy niemożliwe lub niecelowe jest stosowanie tradycyjnych metod.

2. ISTOTA ELEKTROHYDRAULICZNEGO SPOSOBU ROZPADU BETONÓW

Do nietradycyjnych sposobów niszczenia podłoży betonowych o bardzo dużej wytrzymałości należy sposób elektrohydrauliczny. Schemat rozwiązania przedstawia rysunek 1. Jego istota polega na tym, że do wywierconego w fundamencie otworu jest wlewana ciecz robocza (najczęściej woda), a następnie jest instalowany organ roboczy zawierający przerwę wyładowczą, który jest podłączony do specjalistycznego generatora prądów udarowych (GPU), powodującego jedno lub kilka wyładowań elektrycznych o wysokim napięciu. W procesie wyładowań w cieczy powstaje strefa parowo-gazowa, w której temperatura wzrasta do 20 000°C, a ciśnienie do 15 000 MPa. Pod wpływem powstających pierwotnych fal uderzeniowych w fundamencie (lub w jego części) powstaje stan wysokich naprężeń, w konsekwencji czego następuje tworzenie się lokalnych stref płynięcia plastycznego oraz pęknięć zarodkowych. Następnie pod działaniem odbitej fali pierwotnej, powstałej przy pulsacji strefy parowo-gazowej i strumienia cieczy, następuje dalszy rozwój szczelin, zwiększa się ich długość i szerokość. Tak więc, pod wpływem fali uderzeniowej i strumienia cieczy

następuje przesunięcie części zniszczonego fundamentu betonowego aż do jego oddzielenia się od bloku. Czas trwania opisanego wyżej procesu nie przekracza 50 mikrosekund i ma charakter impulsowy.



Rys. 1. Schemat oddziaływania elektrohydraulicznego na blok; I – strefa powstania szczelin lokalnych, II – szczelina magistralna, wychodząca na powierzchnię swobodną, GPU – generator prądów udarowych

Fig. 1. Scheme of electrohydraulic influence on the block; I – zone of origination of local fissures, II – main fissure coming to the surface, GPU – current surge generator

3. CHARAKTERYSTYKA NISZCZĄCYCH URZĄDZEŃ ELEKTROHYDRAULICZNYCH

Wykorzystując powyższą ideę opracowano i wykonano serię funkcjonalnych instalacji elektrohydraulicznych typu „Impuls”, przeznaczonych do rozwiązania wielu zadań technologicznych, w tym także do rozpadu fundamentów betonowych i kamiennych oraz innych konstrukcji budowlanych o szczególnie dużej wytrzymałości. Instalacje te stanowią ruchomy wysokoenergetyczny kompleks składający się z części energetycznej zawierającej źródło zasilania, zespół prostowników, baterię wysokonapięciowych kondensatorów impulsowych, układ komutacji, kable – zasilający i wyładowczy oraz organ roboczy w postaci układu elektrod. W skład instalacji wchodzi również środki kontroli i sterowania, systemy bezpieczeństwa oraz środek transportu o odpowiedniej zdolności wyciągowej w zależności od typu instalacji. Urządzenie jest kompletowane ze sprężarką o ciśnieniu roboczym 0,5 MPa, młotem mechanicznym i perforatorem do działań wspomagających. Podłączenie instalacji do źródła zasilania o napięciu 380 V odbywa się za pomocą elastycznego kabla o przekroju 25–35 mm². Energia wyładowania z generatora prądów udarowych (GPU) jest przekazywana na organ roboczy wyładowczym kablem koncentrycznym typu PK-50-24-17. Maksymalna długość kabla wyładowczego jest określana mocą baterii kondensatorów i wynosi 500–1000 m w zależności od typu instalacji.

Przykładowo instalacja elektrohydrauliczna typu „Impuls-4”, zamontowana na podwoziu samochodu KRAZ 257-B1, jest wyposażona w bęben kablówy o specjalnej

konstrukcji z napędem elektrycznym, przeznaczonym do transportu i mechanizacji rozwijania kabla wyładowczego. Konstrukcja bębna kablowego, z którego odbiór prądu jest obliczony na przewodzenie prądów impulsowych do 30 kA, zapewnia nieprzerwaną dostawę napięcia udarowego w procesie pracy. Organ roboczy instalacji stanowi specjalny układ elektrod typu koncentrycznego z jedną lub dwoma przerwami wyładowczymi, podłączony do kabla wyładowczego. Organ ten wyposażono w specjalne urządzenie klinujące, które zapobiega jego wyrzuceniu z otworu podczas wyładowania oraz w tulejkę do doprowadzania wody lub innej cieczy roboczej. Podstawowe parametry techniczne instalacji serii „Impuls” przedstawione zostały w tablicy 1.

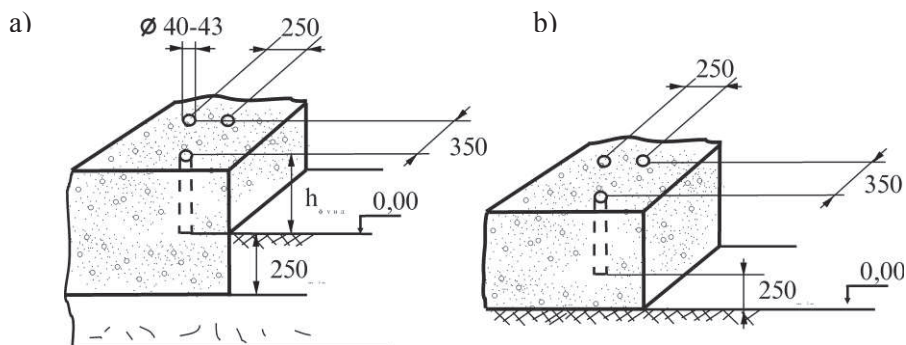
Tablica 1. Parametry instalacji elektrohydraulicznych

Parametry	Typ instalacji		
	Impuls-1	Impuls – 3	Impuls-4
napięcie zasilające, kV	0,38/0,66	0,38	0,38/0,66
maksymalne napięcie baterii, kV	5,0	5,0–6,3	4,8
maksymalny prąd wyładowania, kA	30	30	30
pojemność baterii kondensatorów, Φ	0,016	$2,2 \cdot 10^{-6} - 6,0 \cdot 10^{-3}$	0,016
moc źródła zasilającego, kV·A	400	40	400
czas trwania ładunku, s	15	0,1–10	15
energia zapasowa, kJ	200	0,044–75	200
długość kabla roboczego, m	500	200	1000
minimalna średnica otworu, mm	42	15	42
personel obsługujący, osoby	4	2–3	4
wydajność, m ³ /godz.	2	2	3

4. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA

Na skalę przemysłową instalację elektrohydrauliczną „Impuls-4”, do niszczenia betonów o dużej wytrzymałości, zastosowano na placach budowy Huty Jenakijewskiej i „DonERM” w procesie rekonstrukcji czynnych wydziałów tych przedsiębiorstw. Obiektami niszczenia były stare (sprzed 100 lat) fundamenty grubości do 1,8 m wykonane z betonu marki 700 z wtrąceniami metalu.

Proces technologiczny niszczenia fundamentów betonowych składał się z prac przygotowawczych, polegających na wierceniu otworów w fundamencie i bezpośrednim niszczeniu jego struktury. Wiercenie otworów odbywało się za pomocą wiertarki udarowej typu PP. Średnica otworów wynosiła 40–43 mm, zgodnie ze standardowymi średnicami koronek wiertniczych i parametrami elektrod. Otwory te były rozmieszczone w rzędach w układzie naprzemianległym, według schematu pokazanego na rysunku 2, przy czym odległość między sąsiednimi otworami w rzędzie i rzędami otworów wynosiła odpowiednio 350 i 250 mm. Czas trwania prac przygotowawczych związanych z wierceniem otworów głębokości 1,3 m dla uzyskania zniszczenia 1 m³ fundamentów betonowych wynosił średnio 25 minut.

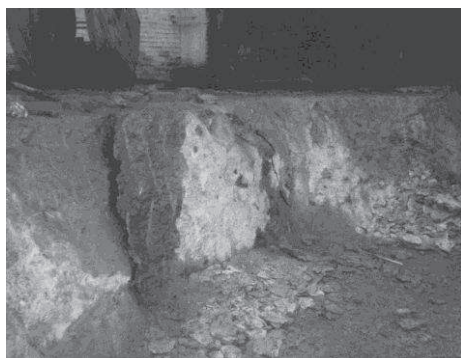


Rys. 2. Schemat rozmieszczenia otworów strzałowych w niszczonej fundamencie: a – usunięcie fundamentu zagłębionego w podłożu poniżej poziomu zerowego, b – usunięcie fundamentu leżącego na podłożu

Fig. 2. Layout of blastholes in the destroyed foundation: a – removal of foundation sunk in the base below the zero level, b – removal of foundation laying on the base

Przygotowanie instalacji „Impuls-4” do pracy polegało na podłączeniu kabla zasilającego do źródła napięcia i przeprowadzeniu kabla roboczego od instalacji do miejsca pracy, a także na doprowadzeniu magistrali wodnej (przewodu giętkiego) do niszczonego obiektu. Minimalne zużycie wody w magistrali powinno wynosić 10 l/min, przy czym w poszczególnych przypadkach jest możliwe ręczne wlewanie wody do otworu (z wiadra lub innego naczynia).

Po przeprowadzeniu prac przygotowawczych organ roboczy – układ elektrod, umieszczono w otworze w pierwszym rzędzie od frontu fundamentu i spowodowano od 1 do 3 wyładowań, aż do oddzielenia się jego fragmentów od fundamentu. W zależności od jednorodności niszczonego fundamentu objętość oddzielających się fragmentów, w wyniku oddziaływań wyładowczo-impulsowych, wahała się od 0,01 do 0,15 m³, a w pewnych przypadkach osiągała 0,3 m³ (fot. 1). Należy podkreślić, że oddzielanie się fragmentów fundamentu od bloku następowało płynnie, bez rozrzutu cząstek. W razie konieczności front fundamentu był zabezpieczany za pomocą podręcznych narzędzi, a proces jego niszczenia powtarzano.



Fot. 1. Proces rozkładu fundamentu przed oddziaływaniem elektrohydraulicznym

Photo 1. Process of disintegration of the foundation before the electrohydraulic effects

W Hucie Jenakijewskiej, stosując powyższą technologię i przy użyciu urządzenia „Impuls-4”, zniszczono fundament zdemontowanej jednoszynowej drogi, zawierający wtrącenia konstrukcji metalowych, o objętości rzędu 80 m^3 . Widok miejsca stosowania technologii przedstawia zdjęcie 2. Wysokość fundamentu względem poziomu zerowego wynosiła tutaj 1300 mm. Fundament ten wykonano ponad 100 lat temu z betonu marki 700. Podstawowym czynnikiem wstrzymującym jego rozbiórkę młotami mechanicznymi, była niska wydajność pracy z powodu bardzo wysokiej wytrzymałości betonu. Z kolei zastosowanie koparki lub robót strzałowych było niemożliwe z uwagi na ograniczony dojazd i fakt, że fundament z dwóch stron szczelnie przylegał do dość zniszczonych budynków czynnych zakładów elektromechanicznych.



Fot. 2. Zniszczenie fundamentu jednoszynowej drogi w Hucie Jenakijewskiej

Photo 2. Destruction of the foundation of a single - track railway at the Yeankiyevskcya metal works

Ponadto, w tej samej hucie, urządzeniem „Impuls-4” zniszczono około 25 m^3 starych fundamentów zdemontowanego wyposażenia, grubości od 0,6 do 1,8 m, wykonanych ponad 70 lat temu, przy przygotowaniu wykopów do montażu maszyny ciągłego odlewania półfabrykatów na czynnym wydziale konwertorów. Prace nad zniszczeniem fundamentów prowadzono bez przerw w podstawowym cyklu produkcyjnym, w pobliżu czynnych urządzeń i bez przeprowadzania jakichkolwiek specjalnych przedsięwzięć charakterystycznych dla robót strzałowych. Przeprowadzono również z sukcesem prace nad zniszczeniem fundamentów podpór (fot. 3), stanowiących betonowe konstrukcje w formie równoległoscianu wysokości do 2 m i objętości $5\text{--}15 \text{ m}^3$. Powierzchnie zewnętrzne podpór były ściągnięte blachą, która z jednej lub dwóch stron była uprzednio ścięta w celu stworzenia swobodnych powierzchni bocznych. Z uwagi na obecność w podporach do 5 powierzchni swobodnych, zniszczenie tych podpór okazało się najbardziej efektywne. Średnio czas niszczenia jednej podpory wynosił do półtorej godziny.



Fot. 3. Zniszczenie podpory betonowej w Hucie Jenakijewskiej
(na dalszym planie urządzenie „Impuls-4”)

Photo 3. Destruction of the concrete support at the Yeankiyevskcya metal works
("Impuls-4" unit in the background)

5. PODSUMOWANIE

Wyniki przemysłowego zastosowania instalacji „Impuls-4” polegającej na wykorzystaniu oddziaływań elektrohydraulicznych, pozwalają na pozytywną ocenę technologii oraz na możliwości dalszego jej rozwoju i stosowania do niszczenia betonów o szczególnie dużej wytrzymałości. Podkreślić należy, że technologia ta charakteryzuje się łatwością wykonania urządzenia, niskimi kosztami własnymi, bezpieczeństwem i czystością ekologiczną. Ponadto, mając na uwadze specyfikę technologii można mówić o dobrych perspektywach jej stosowania do niszczenia wszystkich możliwych mineralnych i innych brył ponadwymiarowych, fundamentów w piwnicach domów mieszkalnych, a także przy rozbiórce zawałów w sytuacjach nadzwyczajnych (np. zawalenie się budowli, trzęsienie ziemi i inne).

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Dubiński
Tłumaczenie z języka rosyjskiego: Jolanta Żurawska