

ADAPTACJA ŻELBETOWEJ KONSTRUKCJI OBIEKTU ZAKŁADÓW GRAFICZNYCH DO ZMODERNIZOWANEGO PROCESU TECHNOLOGICZNEGO

Mikołaj SYCZEWSKI*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

Streszczenie: Opracowano adaptację czynnego obiektu produkcyjnego do nowego procesu technologicznego. Obciążenie stropu w nowym procesie technologicznym było trzykrotnie większe od dopuszczalnego obciążenia użytkowego. Opracowano metodę adaptacji polegającą na wmontowaniu nowej konstrukcji wzmacniającej w istniejącą, zrealizowano konstrukcję, zamontowano nową maszynę i uruchomiono produkcję według nowego procesu technologicznego.

Słowa kluczowe: adaptacja, modernizacja, wzmocnienie konstrukcji.

1. Wprowadzenie

Modernizacja procesów produkcyjnych w istniejących i czynnych obiektach produkcyjnych wiąże się przeważnie z istotnymi problemami technicznymi. Obiekty produkcyjne są bowiem projektowane w nawiązaniu do określonego procesu technologicznego, potrzebnej powierzchni, parku maszynowego i wynikających stąd obciążeń konstrukcji budynku.

Nie istnieje techniczna możliwość zaprojektowania i zrealizowania takich obiektów produkcyjnych, które bez adaptacji byłyby przydatne do dowolnego procesu produkcyjnego. Istotną trudnością w zakresie eksploatacji istniejących obiektów budowlanych jest powszechny brak lub niekompletność dokumentacji technicznej obiektów, które były wybudowane i oddane do użytku przed kilkunastoma lub kilkudziesięcioma latami. Brak dokumentacji można uzupełnić przez wykonanie inwentaryzacji, którą w przypadku architektury można zrealizować bez utrudnień. Istotne problemy powstają natomiast podczas sporządzania inwentaryzacji konstrukcyjnej, gdyż wiąże się to z wykonywaniem odkrywek konstrukcji, badaniem właściwości technicznych materiałów, itp. W przypadku elementów i konstrukcji żelbetowych wykonanie inwentaryzacji konstrukcyjnej jest utrudnione także ze względu na ich specyfikę, a efekt tych prac jest zawsze tylko przybliżony. Przechowywanie dokumentacji z przeprowadzonych adaptacji, remontów, przebudowy, nadbudowy jest także

konieczne, gdyż w przyszłości mogą być realizowane kolejne podobne usprawnienia.

2. Charakterystyka techniczna obiektu

Obiekty Zakładów Graficznych w Białymstoku (rys. 1) były zaprojektowane w roku 1967 a wybudowane w 1971. Budynek produkcyjny, w którym usytuowane są maszyny drukarskie ma wymiary: długość 78,60 m, szerokość 15,70 m. Główny układ konstrukcyjny budynku stanowią trójkondygnacyjne żelbetowe ramy monolityczne, rozstawione co 6,00 m. Na parterze ramy są trójnawowe o rozpiętości naw: środkowa 3,00 m a skrajne po 6,00 m, natomiast na wyższych kondygnacjach ramy są dwunawowe o rozpiętości naw 9,00 m i 6,00 m. Zewnętrzne ściany kurtynowe wykonane są z bloczków gazobetonowych. Aktualny użytkownik nie posiada kompletnej dokumentacji technicznej a projektu konstrukcyjnego nie ma. Na drugiej kondygnacji wywieszono tablice informacyjne o dopuszczalnym obciążeniu stropu nad I piętrzem wynoszącym 1000 kg/m². Na tym stropie ustawione były wzdłuż budynku dwie maszyny drukarskie PLANETA.

Maszyny PLANETA były posadowione na dodatkowych płytach o grubości 25 cm usytuowanych na stropie. Wymiary w planie płyty wynosiły: szerokość 347 cm, długość (wzdłuż budynku) 748 cm. Na kondygnacji pierwszej pod każdą płytą stwierdzono sześć słupów o średnicy 407 mm. Słupy składały się z rur stalowych

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: wb.kkb@pb.edu.pl

wypełnionych betonem. W rdzeniach słupów nie stwierdzono prętów zbrojeniowych. Słupy były oparte na fundamentach blokowych.

Na podstawie wykonanych odkrywek stwierdzono (rys. 2), że słupy przenikały przez strop dla płyty



Rys. 1. Ściana szczytowa budynku produkcyjnego, w którym na kondygnacji II planowany był montaż nowej maszyny drukarskiej: a) przed montażem, b) po montażu (transport podzespołów maszyny odbywał się po zdemontowaniu okna i wyburzeniu podokiennej części ściany; – jasny fragment)



Rys. 2. Wykonywanie odkrywki w stropie nad I kondygnacją na styku z płytą żelbetową na której była ustawiona stara maszyna drukarska PLANETA

i były podporami żelbetowej o grubości 25 cm, będącej posadowieniem dla maszyn PLANETA (rys. 3).



Rys. 3. Słupy stalowo-betonowe o średnicy 407 mm podpierające płytę żelbetową posadowienia maszyn PLANETA

Użytkownik obiektu nie miał dokumentacji technicznych konstrukcji wsporczej pod maszynę ani innych informacji dotyczących posadowienia maszyny. Na podstawie odkrywek stwierdzono, że strop stanowią prefabrykowane płyty SPS oparte na ryglach ram. Grubość stropu SPS wraz z warstwami podłogowymi wynosi 50 cm. Pomiędzy stropem a płytą posadowienia maszyn PLANETA była ułożona warstwa płyty pilśniowej miękkiej, która tworzyła poziomą przerwę dylatacyjną.

Z konstrukcji posadowienia maszyn PLANETA wynika, że nie były one pierwszymi maszynami drukującymi, które zamontowano po wybudowaniu obiektu. Maszyny PLANETA zamontowano w minionym okresie jako modernizację pierwotnego procesu technologicznego.

3. Wymagania dotyczące montażu nowej maszyny

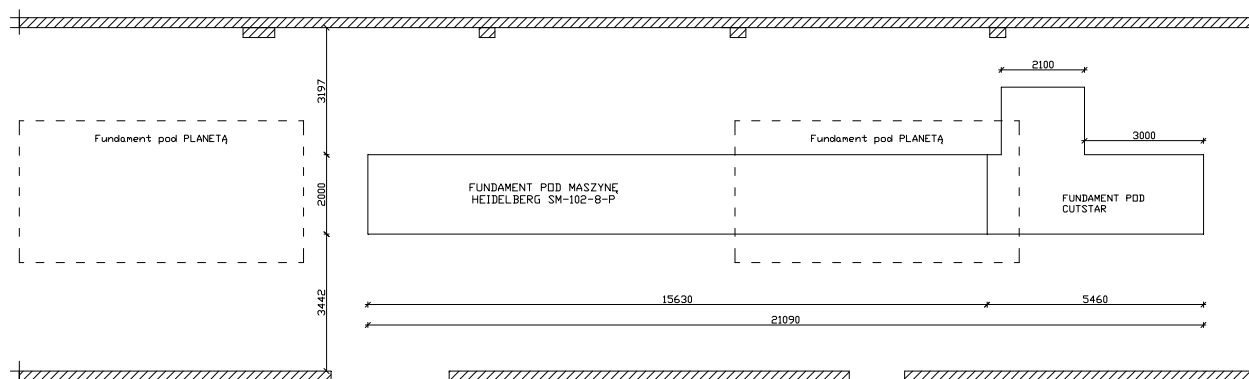
Modernizacją procesu technologicznego było zainstalowanie, zamiast dwóch istniejących, nowej maszyny HEIDELBERG-SM-102-8-P oraz technologicznie z nią połączoną maszyną CUTSTAR. Usytuowanie nowej maszyny określił jej dostawca. Z nowego procesu technologicznego wynikało, że należy zdemontować obie stare maszyny PLANETA i wyburzyć żelbetowe płyty posadowienia, na których były posadowione. Usytuowanie nowej maszyny i obu starych przedstawiono na rysunku 4.

Dostawca nowej maszyny sformułował dodatkowe wymagania dotyczące jej montażu w postaci:

- wymiarów płyty posadowienia (przedstawiono na rysunku 4.),
- obciążenie równomierne na powierzchni posadowienia 30 kN/m^2 ($3\,000 \text{ kg/m}^2$),
- górna powierzchnia płyty posadowienia musi być równa z posadzką stropu,
- ugięcie na długości posadowienia maszyny nie powinno przekraczać 1,0 cm.

Wymogi dotyczące nowej maszyny wykluczały wykorzystanie istniejącej konstrukcji wsporczej maszyny PLANETA. Powierzchnia posadowienia maszyny HEIDELBERG jest większa od powierzchni posadowienia maszyny PLANETA. Istotnym wymogiem technologicznym montażu nowej maszyny, eliminującym szereg stosowanych rozwiązań wzmocnień lub konstrukcji wsporczych, jest trzykrotne zwiększenie obciążenia w stosunku do dopuszczalnego na stropie, mała strzałka ugięcia oraz poziom posadowienia jednakowy z poziomem podłogi w hali produkcyjnej.

Usytuowanie istniejących słupów stalowo-betonowych pokrywa się z fragmentem powierzchni posadowienia maszyny HEIDELBERG i dlatego dokonano oceny nośności tych słupów.



Rys. 4. Zarys usytuowania maszyny drukarskiej HEIDELBERG-SM-102-8-P + CUTSTAR nad stropem nad I kondygnacją (linią przerywaną oznaczono usytuowanie starych maszyn PLANETA)

Charakterystyka techniczna słupów jest następująca:

- średnica zewnętrzna rury stalowej wynosi 407 mm,
- grubość ścianki $t = 8,5$ mm,
- powierzchnia przekroju porzecznego rdzenia betonowego 1194 cm²,
- długość słupa 287 cm,
- powierzchnia przekroju poprzecznego rury $109,1$ cm²,
- obliczeniowa wytrzymałość betonu rdzenia słupa na ściskanie wyznaczona na podstawie badań sklerometrycznych $f_{cd}^* = 8,9$ MPa,
- obciążenie od nowej maszyny przypadające na jeden istniejący słup $154,1$ kN.

Przydatność słupa określono na podstawie obliczeń jego nośności dla dwóch stadiów:

- a) nośność samego rdzenia betonowego,
- b) nośność stalowej rury bez rdzenia betonowego.

W obu stadiach nośność słupa jest zachowana z zapasem. Nośność samego rdzenia betonowego jest sześciokrotnie większa, a nośność samej rury stalowej jest piętnastokrotnie większa od obciążenia przekazywanego przez nową maszynę. Z powyższego wynika, że konstrukcja i wymiary słupów nie wynikają z obliczeń ich nośności, tym bardziej że maszyna PLANETA przekazuje mniejsze jednostkowe obciążenie na płytę posadowienia niż maszyna HEIDELBERG. Istniejące słupy stalowo-betonowe o średnicy zewnętrznej 407 mm okazały się przydatne do przenoszenia obciążenia od nowej maszyny. Transport zewnętrzny podzespołów maszyny na miejsce montażu odbywał się przez ścianę szczytową, po uprzednim ustawieniu rusztowania na zewnątrz budynku i wyburzeniu fragmentu ściany (rys. 1b.).

4. Metoda adaptacji: wmontowanie nowej konstrukcji w istniejącą

Zwiększenie nośności zginanych elementów żelbetowych uzyskuje się w różne sposoby takie jak: nadbetonowanie, obetonowanie, doklejanie lub dospawanie dodatkowego zbrojenia, powiększenie przekroju poprzecznego przez dodanie dodatkowych elementów stalowych, sprzężenie, dodatkowe podparcia sprzężyste, dodatkowe podpory stałe, ciągną stalowe na dewiatorach, układy prętowe wieszarowe i inne (Kobiak, 1971; Masłowski i Spiżewska, 1988 i 2000; Mitzel i in., 1973 i 1982; Pająk i in., 2003; Zaleski i in., 1987 i 1995; Thierry i Zaleski, 1982, 1990). Po przeanalizowaniu sposobów i metod wzmocnień prezentowanych w literaturze okazało się, że nie nadają się one do zastosowania w rozpatrywanym przypadku, ze względu na znaczny wzrost obciążenia użytkowego w stosunku do aktualnie dopuszczalnego. Przy dużym wzroście obciążenia użytkowego należy stosować albo wymianę konstrukcji lub konstruować równoległe konstrukcje wzmacniające (Kobiak, 1971; Masłowski i Spiżewska, 1988 i 2000; Mitzel i in., 1973, 1982). Takie rozwiązania problemów adaptacji konstrukcji są pracochłonne i kosztowne, a także mogą stanowić znaczne zakłócenie funkcjonalności technologicznej w czynnych obiektach. Opracowano więc nową metodę adaptacji

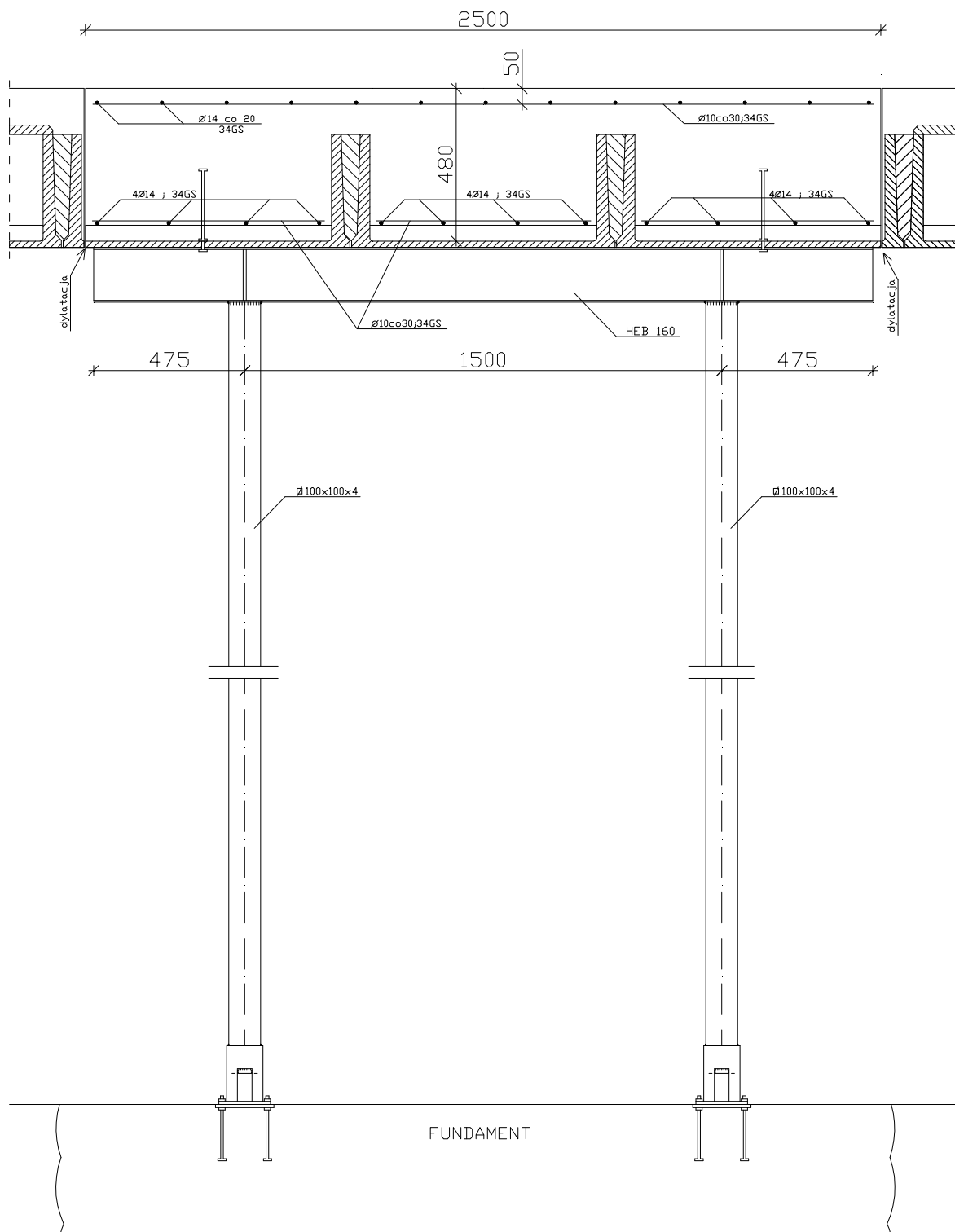
żelbetowej konstrukcji do zmodernizowanego procesu produkcyjnego, którą można nazwać: wmontowanie nowej konstrukcji w istniejącą. Metoda ta charakteryzuje się tym, że po jej zrealizowaniu nowa konstrukcja jest niewidoczna, nie wypełnia dodatkowej przestrzeni technologicznej obiektu, nie stwarza zakłóceń technologicznych, nie szpeci dotychczasowej estetyki wnętrza. W rozważanym przypadku przy zastosowaniu tej metody można adoptować konstrukcję do jeszcze większych obciążeń niż 30 kN/m².

Adaptację żelbetowej konstrukcji stropu do warunków posadowienia maszyny HEIDELBERG poprzedzono pracami demontażowymi wynikającymi z wymogów dostawcy maszyny. Zdemontowano obie maszyny PLANETA, a także wyburzono żelbetowe płyty usytuowane na powierzchni stropu, będące posadowieniem starych maszyn. Następnie usunięto warstwy posadzki oraz górne płyty stropu SPS na obszarze posadowienia nowej maszyny HEIDELBERG i CUTSTAR. Długość pasma demontażu w stosunku do zaleceń dostawcy powiększono aż do ściany szczytowej ze względu na wewnętrzny transport podzespołów maszyny. Jednocześnie zwiększono szerokość pasma do 250 cm ze względu na konstrukcję stropu (układ żeber podłużnych w płytach stropowych SPS). W zdemontowanym obszarze stropu wykonano nową płytę żelbetową ciągłą ośmioprzęsłową o grubości około 48 cm i rozpiętości przęsła $3,00$ m. Grubość płyty wynikała z grubości istniejącego stropu. Rozpiętość skrajnych przęsła wynosiła $2,50$ m (co wynika z rozstawu słupów w konstrukcji budynku). Przyjęta rozpiętość nowej płyty wynikała z wymogów dostawcy w zakresie ugięcia. Obliczone ugięcie zaprojektowanej płyty posadowienia maszyny wynosiło $0,13$ cm i jest mniejsze od wymogów dostawcy wynoszącym $1,0$ cm, a także od ugięcia normowego wynoszącego $1,5$ cm.

Płytę zaprojektowano na obciążenie użytkowe 30 kN/m² nie uwzględniając nośności istniejącego stropu. Płyty SPS w obszarze posadowienia nowej maszyny stanowiły szalunek dla nowej płyty (rys. 5).

Zbrojenie podłużne płyty zastosowano górą i dołem w postaci $A_{sg} = 13\emptyset 14$, $A_{sd} = 12\emptyset 14$, wykonane ze stali klasy AIII znaku 34GS. Dolne pręty ułożono na poprzecznych żeberkach płyt SPS, a górne w odległości 5 cm od górnej płaszczyzny płyty. Zbrojenie rozdzielcze górne i dolne przyjęto $\emptyset 10$ co 30 cm. Zbrojenia głównego nie odginano ze względu na prostotę wykonania, a także brak zbrojenia na ścinanie (beton przenosi ścinanie). Płytę posadowienia oddylatowano od istniejącego stropu aby wyeliminować wpływ obciążenia i ugięcia stropu na płytę posadowienia. Po wykonaniu płyty posadowienia maszyny uzyskano równą i gładką górną jej powierzchnię wyrównaną z posadzką stropu. Płyta posadowienia zdolna przenieść obciążenie 30 kN/m² jest niewidoczna, gdyż jest wmontowana w istniejący strop (rys. 6).

Równoległe z rozebraniem płyty posadowienia maszyn PLANETA na kondygnacji pierwszej wykonano fundamenty pod słupy podpierające strop (rys. 7). Fundamenty wykonano blokowe, betonowe o wymiarach



Rys. 5. Przekrój poprzeczny posadowienia nowej maszyny drukarskiej HEIDELBERG-SM-102-8-P + CUTSTAR, posadowienie tworzy nowa konstrukcja wbudowana w istniejącą



Rys. 6. Fragment posadowienia nowej maszyny na poziomie stropu nad I kondygnacją. Posadowienie na obwodzie jest oddzielone dylatacją od stropu hali



Rys. 7. Kondygnacja I. Podparcie płyty posadowienia maszyny HEIDELBERG-SM-102-8-P + CUTSTAR

rzutu poziomego 2,70 x 1,00 m z tym, że w obszarze posadowienia CUTSTARA długość fundamentu zwiększono do 4,30 m.

Rozstaw fundamentów przyjęto równy 3,00 m (w skrajnych polach 2,50 m). Podparcie płyty posadowienia stanowią poprzeczne układy ramowe składające się z dwóch słupów stalowych i rygla. Słupy stalowe zaprojektowano i wykonano z rur o przekroju kwadratowym 100x100x4 mm, a rygla z dwuteowników HEB 160. Słupy stalowe nie stanowią żadnego utrudnienia ani zakłócenia użytkowania kondygnacji pierwszej, gdyż tam są usytuowane pomieszczenia socjalne pracowników (umywalnie, wc, przebieralnie). Konstrukcja podpierająca nie zmniejsza także wysokości pomieszczeń na pierwszej kondygnacji. Słupy stalowe podpierające płytę posadowienia maszyny są filigranowe w porównaniu z istniejącymi słupami stalowo-betonowymi wykonanymi do podparcia maszyn PLANETA.

5. Podsumowanie

Adaptację żelbetowej konstrukcji obiektu do trzykrotnie zwiększonego obciążenia, wynikającego z montażu nowej maszyny, opracowano i zrealizowano metodą wbudowania nowej konstrukcji w istniejącą. W tej metodzie nowa konstrukcja na kondygnacji II jest niewidoczna, nie zajmuje przestrzeni użytkowej i nie stanowi utrudnienia technologicznego. Konstrukcja wsporcza na kondygnacji I również nie stanowi przeszkody w eksploatacji pomieszczeń.

Stosowanie wszelkich wzmocnień konstrukcji, wynikających z ich niewystarczających nośności bądź ze zwiększonego obciążenia, powinno być poprzedzone

szczegółową analizą różnych stosowanych systemów i metod wzmocnień, a przyjęte do realizacji rozwiązania powinny być dostosowane do istniejącej konstrukcji i szczegółowych uwarunkowań.

Literatura

- Kobiak J. (1971). Błędy w konstrukcjach żelbetowych. *Arkady*, Warszawa.
- Masłowski E., Spiżewska D. (1988, 2000). Wzmocnienie konstrukcji budowlanych. *Arkady*, Warszawa.
- Mitzel A., Stachurski W., Suwalski J. (1973, 1982). Awarie konstrukcji betonowych i murowych. *Arkady*, Warszawa.
- Pająk Z., Piekarczyk A., Starosolski W. (2003). Wzmocnienie żelbetowych stropów płytowych wklejanymi kotwami – analiza, badania, realizacja. *Przegląd Budowlany*, 6/2003, 44-47.
- Praca zbiorowa (1987, 1995). Remonty budynków mieszkalnych, S. Zaleski (red.), *Arkady*, Warszawa.
- Thierry J., Zaleski S. (1982, 1990). Remonty budynków i wzmocnianie konstrukcji. *Arkady*, Warszawa.

CONVERSION OF REINFORCED STRUCTURE OF THE GRAPHIC FACTORY BUILDING TO MODERNIZED TECHNOLOGICAL PROCESS

Abstract: In paper the conversion of open production building to the new technological process was worked out. The load on the ceiling in new technological process was three times higher than acceptable. The adaptation method based on fitting new construction into existing one was worked out. The construction was done, new machine was installed and production according to new technological process was started.