

LABORATORYUM MECHANICZNE

przy wyższych szkołach technicznych.

O ile szybkim jest postęp umiejętności czystych i stosowanych, o tyle znów sposoby ich nauczania przekształcają się powoli i stopniowo. Z jednej strony rutyna, z drugiej trudności materialnej natury nie dopuszczają tu szybszego postępu. To też nader powoli wywalczały sobie poszczególne umiejętności odpowiednie laboratoria przy katedrach. Takimi były z początku kliniki przy wykładach medycyny, obserwatoria przy wykładach astronomii. Chemia, wszedłszy w program wyższych zakładów naukowych, wprowadziła wszędzie laboratoria chemiczne. W ostatnich czasach elektrotechnika, gdzie tylko wykładana jest w całej rozciągłości, korzysta z bogato urządzonych laboratoriów. Z mechaniką rzecz idzie trudniej. W ciągu ostatnich paru dziesiątków lat powstały wprawdzie liczne i bogato wyposażone laboratoria mechaniczne, ale dotąd jeszcze nie są one uznane jako równie niezbędne, jak chemiczne lub elektrotechniczne. A przynajmniej poprzestawać muszą na uznaniu teoretycznym i wiele pierwszorzędnych politechnik dotąd ich nie ma.

Największy rozwój wyższych szkół technicznych w ostatnich czasach miał miejsce w Niemczech, ze szkół znów niemieckich najwięcej postępową w sprawie laboratoriów mechanicznych okazała się politechnika monachijska. Profesor Linde zaagitował rzecz w r. 1871, zaznaczając w swym podaniu do ministerium: że prace dynamometryczne w laboratorium, przyzwyczajając będą uczniów do użycia narzędzi i przyrządów i wyrabiać w nich większą samodzielność umysłową, — że, po ustawieniu w laboratorium przy szkole maszyny parowej, można będzie wykonywać cały szereg nader ważnych doświadczeń, mianowicie:

- 1) nad maszyną parową, próby z indykatozem, dynamometrem, paleniem i waporyzacją, inżektorami, eżektorami i t. p.;
- 2) z modelami motorów hydraulicznych;
- 3) z motorami gazowymi i innymi nadsyłanymi przez konstruktorów do wypróbowania;
- 4) próby regulowania motorów;
- 5) mierzenie pracy wykonywanej przez jakiekolwiek maszyny i przyrządy.

Z uczniami więcej posuniętymi w nauce zamierzał prof. Linde prowadzić dalej podobne próby w zakładach przemysłowych, według pewnego szczegółowego programu, a otrzymane wyniki roztrząsać na katedrze. Żądał pomieszczenia złożonego z dwóch sal: jednej dla kotłów, a drugiej dla maszyny parowej. Pierwsza służyć miała zarazem do doświadczeń z parą wodną.

W r. 1876 laboratorium zostało urządzone. Po Lindem katedrę teorii maszyn objął prof. Schröter, który dotąd laboratorium prowadził. Kocioł jest pionowy z nagrzewaniem pary, ciśnienie dochodzić może do 12 atmosfer. Specjalny przyrząd, przez który przechodzi para przed wejściem do maszyny, służy do robienia podziałek na manometrach i innych narzędziach. Zaopatrzony jest w słup merkuryusza 7½ m wysoki. W kotłowni specjalne urządzenie pozwala czerpać gazy uchodzące z paleniska, dla poddawania ich rozbiorem chemicznym. Maszyny są jednocylinrowe: jedna Sulzera, druga Ridera.

Uczniowie rozpoczynają swą pracę w laboratorium od sprawdzania podziałek na indykatorach, manometrach, termometrach i t. d. Następnie uczą się używać indykatora i mierzyć dyagramy za pomocą planimetru. Dalej idą próby zużycia węgla i próby z dynamometrem piszącym. Próbowaną bywa także corocznie turbina, którą właściciel bezinteresownie oddaje do dyspozycji profesora i robione są pomiary wodne młynkiem Wolfman'a. Cała ta pierwsza serya robót składa się, jak widzimy, z obznajmienia z działaniem i kontrolą narzędzi, używanych przez inżynierów do badania maszyn.

Druga serya poświęcona jest właściwym studjom nad motorami cieplikowymi. Tutaj profesor uwidocznia po szczególne działanie różnych elementów i tak np. przy wszystkich

warunkach jednakich, wykonywane są próby z różnymi stopniami rozprężalności. Ośmiokonny motor gazowy, wprawiający w ruch dynamo-maszyny, służy także do różnych doświadczeń. Prof. Schröter żali się tylko, że maszyna w laboratorium nie pozwala na doświadczenia z systemem *compound* i że uczniowie tak mają mało czasu, że nawet nie może wymagać od nich wykonywania obliczeń, odnoszących się do prób, które sam robi i rezultaty komunikuje uczniom. Inaczej doświadczenia nie przynosiłyby żądanej korzyści.

Laboratorium monachijskie jest pierwszym regularnie funkcjonującym przy wyższej szkole technicznej na stałym lądzie Europy. Przedtem tak w Niemczech, jak i w innych krajach urządzone były nie tyle laboratoria, ile gabinety pomocnicze przy katedrach mechaniki stosowanej i budowy maszyn. Pojawiały się w nich nawet i maszyny parowe, nie stosowane jednak stale, jak w Monachium, do celów naukowych i pedagogicznych. I tak, jeszcze w r. 1825 Lagerhielm wykonywał doświadczenia w szkole górniczej w Sztokholmie z maszyną siedmio-tonnową Fuller'a. W Liège uniwersytet posiadał od r. 1836 maszynę pionową 10-tonnową do próbowania materiałów, indykatory Mac Nought'a i dynamometry Prony'ego. W r. 1853 instytut dróg i komunikacji w Petersburgu otrzymał maszynę 10-tonnową do wykonywania prób nad wytrzymałością materiałów; dopiero jednak w r. 1867 powstało tam zupełnie nowe laboratorium, które następnie wyrosło na poważny zakład probierczy, nie służący jednak do celów pedagogicznych. W Paryżu generał Morin, gdy wykładał mechanikę stosowaną w Konserwatorium sztuk i rzemiosł, uznał ważność posiadania do pomocy, przy wykładzie, maszyny parowej w ruchu. W latach 1852 — 1854 urządzono też w Konserwatorium bogate laboratorium mechaniczne, zaopatrzone w potężne motory, a także we wszystkie urządzenia, potrzebne do próbowania maszyn hydraulicznych. Laboratorium to jednak, skoro budynki, w jakich się mieściło, grozić zaczęły ruiną, przestało istnieć po r. 1885. Istnieje także w Paryżu laboratorium mechaniczne szkoły dróg i mostów, służące jednak tylko do wykonywania prób nad wytrzymałością materiałów, w obecności uczniów. W wyższej szkole technicznej w Charlottenburgu (Berlin) prof. Slaby wykonywa doświadczenia nad motorem gazowym. W Zurychu, gdy Zeuner był tam jeszcze profesorem, szkoła politechniczna otrzymała maszynę parową Sulzer'a. Później p. Fliegner proponował wielokrotnie władzom szkolnym prowadzenie regularnych studyów nad tą maszyną, wobec wszakże niewprowadzenia tych studyów do programu szkolnego, zmuszony został ograniczyć się na pokazywaniu maszyny i indykatora w ruchu. Ponieważ z powodu zbyt wielkiej liczby wykładów uczniowie nie mieli czasu na kompletne próby cieplikowe, przeto p. Fliegner sam zdejmował dyagramy, które w salach rysunkowych komunikował uczniom, jako dane do rozwiązywania niektórych zadań, mianowicie odnośnie do wpływu masy koła rozpędowego¹⁾.

Prof. Zeuner, przeniosłszy się z Zurychu do Drezn, nie zastał tam żadnego zawiązku nawet laboratorium mechanicznego. Opinie swe wyraził w liście do p. Dwelshauvers-Dery (1890 r.), mówiąc, że „niepodobna wątpić o pożytku, jaki przynosić mogą laboratoria mechaniczne przy wyższych szkołach technicznych, dając możność uczniom wykonywania własnoręcznie prób z maszyną parową i pobudzając do poszukiwań w tym przedmiocie. Ale urządzenie takich laboratoriów jest kosztowne, a przytem w szkołach niemieckich wykłady są tak liczne, że czas, jaki uczniowie poświęcić mogą zajęciom praktycznym, jest bardzo ograniczony. W Dreźnie nie mamy jeszcze podobnego urządzenia. Profesorowie muszą chodzić z uczniami do większych fabryk budowy maszyn, dla wykonywania doświadczeń odnośnie do zużycia pary i paliwa. Uczniowie oglądają tam wprawdzie maszyny różnych typów, ale pożądanemby było, aby mogli pracować laboratoryjnie.“ Nadmienię wypadła, że obecnie wyższa szkoła techniczna w Dreźnie posiada już maszynę parową, nabytą dla laboratorium elektrotechnicznego.

W sprawie laboratoriów mechanicznych na stałym lądzie Europy, po Lindem, Schröterze i szkole monachijskiej, największe zasługi położył p. Dwelshauvers-Dery, profesor me-

¹⁾ Szczegóły o Zurychu podaje prof. A. B. W. Kennedy w swej pracy: „The Use and equipment of Engineering Laboratories,“ podanej w „Proceeding of the Institution of Civils Engineers.“ Londyn, 1887.

chaniki stosowanej w uniwersytecie, w Liège. Od r. 1870 domagał się on wciąż od władz szkolnych urządzenia laboratorium do wykonywania prób z wytrzymałością materiałów i obznajmiania uczniów z użyciem przyrządów, służących do próbowania machin, jak indykatory, dynamometry i t. d. W r. 1873 wszedł w stosunki z Hirnem, który go zapoznał z badaniem doświadczalnym machin parowych i odtąd zaczął urządzenie laboratorium na podobieństwo monachijskiego, to jest do próbowania tak materiałów jak i machin parowych. Dopiero jednak w r. 1880 udało mu się pozyskać maszynę i to bez kotła. Później, w odległości dziesięciu kilometrów od Liège, znalazł dla tej maszyny tymczasowe pomieszczenie, pożyczono mu kocioł i urządził pierwszy związek upragnionego laboratorium. W ostatnich latach wreszcie, przenieść zdołał całe urządzenie do gmachów uniwersytetu.

Kongres mechaniki stosowanej w Paryżu w r. 1889 zajmował się gorąco sprawą laboratoriów i jako wynik rozpraw przyjął wniosek następujący: „Należy wszelkimi możliwymi środkami zachęcać do urządzania lub rozwijania laboratoriów do próbowania materiałów i maszyn, tak przy wyższych szkołach technicznych rządowych, jak przy wielkich administracjach rządowych i prywatnych, lub zakładach użyteczności publicznej, takich, jak np. Konserwatorium sztuk i rzemiosł.“ Poważny specjalista inż. Cornut tak przedstawiał tę kwestię na kongresie: „Przy uczeniu mechaniki stosowanej ma miejsce fakt nadzwyczajnie ciekawy: zakres mechaniki stosowanej jest rozległy, my wszyscy, może dla tego, że sami jesteśmy mechanikami, uważamy ją za najpiękniejszą z nauk, mogącą oddawać różnorodne usługi krajowi i całej ludzkości, a jednak jest to jedyna nauka, przy uczeniu której nie uważają za stosowne obeznac uczniów z praktyką. Dla fizyki, chemii, historii naturalnej, medycyny, urządzone są pracownie, w których uczniowie mogą manipulować, wprawiać się w użycie przyrządów, pracownicy obeznani z przedmiotem mogą przeprowadzać samodzielne poszukiwanie, — tylko dla jednej mechaniki w tym kierunku nie zrobiono nic, albo prawie nic. Pamiętam jednak dobrze, jak różnych doznawałem wrażeń, widząc maszyny w ruchu lub tylko słuchając opowiadania o tym ruchu. Inna rzecz jest przyłożyć samemu rękę do korby, a inna słuchać choćby najznakomitszych wykładów. A co do poszukiwań samodzielnych, czyż takowych nie potrzebuje mechanika stosowana? Laboratorium mechaniczne nie wyczerpie w ciągu lat przedmiotów, które są do zbadania. Uczeń, wprowadzony do laboratorium, zadziwiłby się, porównując wyniki doświadczeń, jakiego mu polecono przeprowadzić w kwestyi tarcia z wynikami wzorów podawanych w podręcznikach. Dziwiłby się więcej jeszcze, gdyby mu przyszło wziąć się do studyowania maszyny parowej i stosować różne wyniki teorii mechanicznej ciepła.“

Wniosek przyjęty na kongresie, zwrócił ogólną uwagę we Francji na laboratoria mechaniczne. Czasopismo „La Revue générale des sciences“ rozpoczęło kampanię, ogłaszając opinie wielu uczonych specjalistów. Prof. Dwelshauvers-Dery, zajmujący się nieustannie tą sprawą w Belgii, urządził łącznie z inż. Julianem Weilerem ankietę w kwestyi laboratoriów mechanicznych i wyższego wykształcenia technicznego, zebrał kilkaset opinii inżynierów i profesorów belgijskich i innych i ogłosił je wraz z rozprawą swoją o laboratoriach i ciętym artykułem Weiler'a, zatytułowanym: „Czego brak młodemu inżynierowi?“ (Ce qui manque au jeune ingénieur) w oddzielnej książce, wydanej w Liège w roku zeszłym¹⁾. Uczestnicy ankiety, prawie wszyscy, uznali konieczność zaprowadzenia laboratoriów mechanicznych przy wyższych szkołach technicznych, a co do samych szkół opinia większości streszcza się w słowach profesora Schröttera, który, pisząc do p. Dwelshauvers-Dery o laboratorium monachijskim, tak się wyraził: „Daleki jestem od mniemania, abyśmy osiągnęli już w Monachium ostatni stopień użyteczności; należałoby w tym celu rozwinąć jeszcze tak laboratoria, jak i prace uczniów, w ten sposób jak to uczynili w swych uniwersytetach i kolegiach angielskie i amerykańskie. Sądzę jednak, że kierunek, nadany w ostatnich czasach teorii machin i to nie przez profesora, ale przez Hirna, którego wszyscy uczniami tylko jesteśmy, domaga się kategorycznie dwóch rzeczy: 1) zredukowania wykładów,

2) rozwinięcia prac doświadczalnych.“ Obok tego ogólnego życzenia, wielu uczestników ankiety zaznaczyło braki wyższego wykształcenia technicznego, polegające na niedostatecznym przygotowaniu kandydatów kończących gimnazya, na ich wieku, wreszcie na długości kursów technicznych. Reforma wykształcenia technicznego wiąże się tym sposobem z reformą nauczania gimnazjalnego, tak pożądaną we wszystkich krajach. Domagają się jej oddawna inżynierowie austriaccy i niemieccy, walczący pod hasłem „wspólnej szkoły średniej“, która byłaby zreformowanym gimnazjum, dającym dostateczny zapas wiadomości matematycznych i wystarczającą wprawę w rysunkach. Komisja Towarzystwa technicznego w Petersburgu, zajmująca się tą sprawą w r. 1882²⁾, uznała także potrzebę takiego zreformowania gimnazjum, aby uczeń, mając lat 17, mógł je kończyć, przeszedłszy w nim geometryę analityczną i wykreślną i nabywszy wprawy w rysunkach. Wtedy wyższa szkoła techniczna mogłaby być zredukowaną do trzech kursów, t. j. urządzoną mniej więcej na podobieństwo szkoły Centralnej paryskiej i młodzi kandydaci na inżynierów opuszczaćby ją mogli, mając lat nie więcej jak 20 — 21. Tacy naginają się łatwiej do potrzeb praktyki przemysłowej i wyrabiają się prędzej na inżynierów.

Poprzednio streszciliśmy dotychczasowy rozwój sprawy laboratoriów mechanicznych na stałym lądzie Europy, nieodpowiadający jeszcze ogólnym życzeniom, co do rezultatów praktycznych. Inaczej rzecz się ma w Anglii i w Ameryce. W Londynie prof. Kennedy podniósł tę sprawę w r. 1875, a znalazłszy ogólne poparcie, urządził już w r. 1878 laboratorium mechaniczne. Przedtem jeszcze, bo w r. 1873—1874 laboratorium instytutu technologicznego w Bostonie zaopatrzone zostało w maszynę parową i wszystkie urządzenia do prób cieplikowych. W przytoczonej poprzednio pracy swej z r. 1887 prof. Kennedy opisuje najsłynniejsze laboratoria angielskie, mianowicie dwa w Londynie, t. j. własne i prof. Unwin'a, oraz w Leeds, Manchester, Birmingham i Liverpool. Najbogatszem w przyrządy jest laboratorium prof. Unwin'a, obejmujące wiele przyrządów precyzyjnych, obmyślanych przez samego profesora. Do próbowania materiałów służy tam 100-tonnowa maszyna systemu Wicksteed'a, zaopatrzona przez prof. Unwin'a w specjalne urządzenie do mierzenia wydłużen sprężystych próbek z równą łatwością, jak się zwykłe mierzy wydłużenia stale pozostające, oraz w drugie urządzenie służące do zdejmowania dyagramów. Do doświadczeń służy maszyna parowa o dwóch cylindrach, mogących działać systemem compound albo oddzielnie, z kondensacją i bez takowej. Zaopatrzona jest w kondensator tak urządzony, iż dowolnie zmieniać można główne jego elementy. Maszyna ta może rozwijać siłę 80 koni i obmyślona jest wzorowo w celu przeprowadzania badań. Laboratorium prof. Unwin'a zajmuje 1400 m² powierzchni³⁾.

Z natury swej próby maszyn wymagają wielu obserwatorów, z których każdy uzdolniony być winien do prowadzenia wszystkich części próby, ale prowadzić może tylko jedną. Najprzód zatem wytworzyć trzeba personel a więc i uorganizować doświadczenia, w których uczniowie wypełniają każdy indywidualnie swoją rolę i przyzwyczajają się do używania narzędzi i robienia dokładnych pomiarów i obserwacji. Po tych doświadczeniach zaczyna się studyowanie samej próby. Prof. Unwin pierwszy podał wzór podobnych urządzeń. Uczniowie z początku nie wykonywują jeszcze obserwacji dostatecznie ścisłych, aby mogli czemkolwiek zbogacić naukę, ale wydoskonalsi się mogą następnie pomagać profesorowi w jego badaniach.

Nie możemy tu opisywać wszystkich wymienionych wyżej laboratoriów mechanicznych angielskich, a przytem wciąż przybywają nowe. W zeszłorocznym numerze 1432 czasopisma „Engineering“ była wzmianka o urządzaniu podobnego laboratorium w Cambridge.

Z laboratoriów amerykańskich na pierwszym miejscu wypada postawić wzmiankowane już laboratorium instytutu technologicznego w Bostonie, założone jeszcze w r. 1873, a następnie znacznie rozszerzone i pozostające obecnie pod kierun-

¹⁾ Referendum des ingénieurs. Enquête sur l'Enseignement de la Mécanique par M. V. Dwelshauvers-Dery et M. Julien Weiler. Liège, 1893.

²⁾ Prace Stałej Komisji wykształcenia technicznego przy Cesarstwie Roskiem Towarzystwie Technicznem. O wyższych szkołach technicznych. Petersburg, 1883.

³⁾ Opis w „Engineering“, za listopad i grudzień 1888 r.

kiem prof. Gaetano Lanza. Posiada ono kilka maszyn parowych różnych typów, zbudowanych specjalnie do wykonywania najróżnorodniejszych doświadczeń. Laboratorium zajmuje około 1500 m² powierzchni, a nadto kotły umieszczone są oddzielnie. Prof. Lanza, uznając, że uczniowie nie mogą robić poszukiwań oryginalnych bez pomocy profesorów, sądzi, że właśnie dzięki tej pomocy i odpowiedniemu dozorowi zdołano wykonać w laboratoriach mechanicznych wielkie i ważne prace. Dwie drogi prowadzą do tego celu: 1) doświadczenia stale prowadzone w laboratorium zorganizowane są w ten sposób, że tworzą część składową pewnego ogólnego poszukiwania; uczniowie prowadzą obserwacje i obliczają rezultaty; kontrola prowadzi się jak najzupełniejsza, a ścisły dozór gwarantuje dokładność wyników; 2) uczniowie przeprowadzają oryginalne poszukiwania dla otrzymania patentu; jedni czynią to lepiej od drugich, ale wszyscy odpowiedzieć muszą jednakiem wymaganiom i pracują pod dozorem odpowiednim do potrzeby. Prof. Lanza mniema, że w jednym i tem samym laboratorium przeprowadzać można małą tylko część badań w porównaniu z wielkim obszarem nauki; byłoby więc pożądanem, aby laboratoria mechaniczne porozumiewały się stale jedne z drugimi, jak to czynią obserwatoria astronomiczne.

Drugie słynne laboratorium mechaniczne w Ameryce urządzone jest w Sibley College koło Ithacu i pozostaje pod kierunkiem prof. Thurstona. Kotłownia może dostarczać pary dla maszyn o sile 600 koni. Oprócz maszyn parowych, laboratorium posiada inne motory: gazowe, hydrauliczne i t. d. Całe nauczanie mechaniki praktycznej w Sibley College oparte jest na pracach laboratoryjnych i warsztatowych, a wykłady z katedry ograniczone są do minimum. Egzamina polegają na wypróbowaniu uczniów nie co do tego, czy pamiętają lekcye, jakich słuchali, ale pod tym względem, co i ile mogą samodzielnie zrobić. Wyborne to uzupełnienie poglądu prof. Schrötera, domagającego się zmniejszenia wykładów, a powiększenia prac doświadczalnych w wyższych szkołach technicznych.

W Ameryce są jeszcze laboratoria mechaniczne kompletne, t. j. tak do próbowania wytrzymałości materiałów, jak i maszyn parowych i innych motorów w Hoboken, Worcester, Minneapolis, Cambridge, Nashville (Ohio), Terre Haute (Illinois). Najnowsze powstało w Princeton, według wzmianki w № 1440 „Engineering” z r. z. *Feliks Kucharski.*

ZAŁAMANIE SIĘ MOSTU pod Mönchensteinem (Szwajcarya).

Kończąc w zeszycie czerwcowym 1893 r. sprawozdanie z rozmaitych prac o katastrofie pod Mönchensteinem, obiecaliśmy zaznaczyć w swoim czasie czytelników „Przeglądu” z raportem, który mieli w tym przedmiocie złożyć na żądanie rządu szwajcarskiego pp. Collignon, profesor szkoły dróg i mostów w Paryżu, i Hausser, inżynier naczelny dróg i mostów w Bordeaux. Rozmiary „Przeglądu” nie pozwalają na zamieszczenie w jego łamach całkowitego tłumaczenia tej znakomitej pracy, w paru tylko zatem słowach postaramy się przedstawić główne punkty wytyczne sprawozdania.

Pp. Collignon i Hausser, skreśliwszy pokrótce historję budowy mostu pod Mönchensteinem i warunki nałożone przedsięwzięciu, przechodzą do szczegółowego ocenienia projektu p. Eiffel'a. Zgodnie z p. Gaudard'em wykazują, że nawet podług dzisiejszych wymagań, żelazo, którego granicą sprężystości było napięcie 32 kg na 1 mm², nie może być uważane za złe, i że w wypracowanym projekcie nie dają się stwierdzić rzeczywiste błędy rachunkowe. Niektóre szczegóły nie zostały co prawda zupełnie zadawalniające obmyślane: np. stosowanie blachy siedmiomilimetrowej, która, pomimo rachunku, jest za cienką, zbyt duża długość sztab kratownicy, uwarunkowana znaczną wysokością dźwigarów, która też była przyczyną małych, acz podług rachunku wystarczających, przekrojów pasów. Sprawozdawcy stanowczo dowodzą, że most był dostatecznie mocnym dla zniesienia ciężarów, które po nim miały przechodzić, i że załamanie się jego nie można przypisać sła-

bości jednej z części składowych, bo takowe przez wygięcie znamionowałyby tę słabość, co nie miało miejsca.

Pp. C. i H. przeglądają też sprawozdania pp. Tettmeyer'a i Ritter'a, pp. Zschokke'go i Seibert'a, pp. Gaudard'a, Brückman'a i Röthlisberg'a. Z pierwszymi z nich zupełnie się nie zgadzają, nalegając na to, że idzie tu głównie o wykazanie przyczyny zapadnięcia się mostu, i że jeśli w praktyce należy brać 3 lub 4 razy większą pewność w obliczowaniu, to jednak załamanie się nie tłumaczy tem, iż podług rachub pp. T. i R., ta pewność była tylko dwukrotną. Inną rzeczą jest zabezpieczać się przeciw możliwym wypadkom, biorąc przy projektowaniu współczynniki, dalekie od granicy sprężystości, a to z powodu niedokładności naszych dzisiejszych teoryj rachunkowych i mało znanych dotąd wpływów nateżeń drugorzędnych, a inną rzeczą jest powiedzieć: która sztaba pękła i dlaczego. Zresztą nie będziemy tu powtarzać argumentów poprzednich przez nas podanych w sprawozdaniu z pracy p. Gaudard'a. Jego tłumaczenie przyczyn wypadku uważają pp. C. i H. za zbyt hypotetyczne, choć się w ogóle więcej godzą na jego zdanie, aniżeli na zdania pp. Tettmeyer'a i Ritter'a. Za to zgodność zapatrywań pp. C. i H. z p. Röthlisberg'em jest prawie zupełną, takie bowiem są ich konkluzye: „Niektórzy przypisują przyczynę wypadku naturze żelaza, my nie; słabości sztab krzyżulcowych, — my uważamy je za dostateczne, przy użyciu tychże samych wzorów; drugorzędnym nateżeniom nie przypisujemy tak ważnego wpływu. Aby dojść przyczyny załamania się, trzeba zbadać sam most, on nam odpowie. Oglądając go po zapadnięciu się, widzieliśmy, że środkowa jego część nie została prawie uszkodzoną, za to końce są zupełnie zniszczone. W środkowej części niezbyt ważne nadwyrężenia zostały widocznie spowodowane przez samo zapadnięcie się, niema zaś żadnego śladu zwichnięcia lub skurczenia dźwigarów. Otóż wszystkie opisy załamania się mostów żelaznych jednogłównie świadczą, że za każdym razem przy zapadnięciu się wskutek słabości sztab środkowych, lub, co na jedno wychodzi, wskutek skurczenia sztab krzyżulcowych lub słupców, które przestają działać, silnie ciśnięty górny pas dźwigara w miejscu, gdzie moment wygięcia jest największy, krzywi się, kuczy i nareszcie rozdziela. Tego objawu nie było pod Mönchenstein'em, możemy więc na pewno wnioskować, że ponieważ pas został się cały i tylko przy zapadnięciu nieco został zwichnięty, przeto sztaby krzyżulcowe dostatecznie odpowiedziały swemu zadaniu, jak tego dowodzą zresztą nasze rachunki. Wszystkie teoretyczne wywody uległy muszą wymowności faktów.” Po między mostami, których załamanie rzucić może nieco światła na wypadek pod Mönchenstein'em, wybieramy most na Garonne pod Miramont. Most ten, o rozpiętości 54 m, z jazdą dolną, o wysokości dźwigarów zwyczajnej, wynoszącej 1/10 długości, nie miał górnego wiązania, któreby zbyt ograniczyło wysokość przejazdu. Przekroje słupców i sztab kratownicy nie były dostateczne, przy rzuceniu też mostu, takowy się skrzywił. Do wyprostowania i wzmocnienia go nowymi słupcami użyto pras hydraulicznych. Przy tej robocie dało się pewnego dnia słyszeć głośne pęknięcie. Obejrzano starannie całą budowę i, nie znalazłszy nic anormalnego, pracę w dalszym ciągu prowadzono i zaczęto pokrywać most żwirem. Wtedy to dźwigary, poprzednio już nieco ku sobie pochylone, pomimo niedostatecznego widocznego wyprostowania i wzmocnienia, zbliżyły się jeszcze bardziej do siebie, skurczyły się i położyły na pomoście; poczem cała budowa runęła wraz z trzema robotnikami, którzy nie zdołali uciec.

Gruntowne obejrzenie i rozebranie mostu wykazało, że nie tak jak w Mönchenstein'ie, końce dźwigarów mało ucierpiały, środek za to był zupełnie wygięty i zniszczony i to w tem mianowicie miejscu, gdzie ciśnienie górnego pasa było największe. Rozebrano dźwigar prawy, który pierwszy się był nachylił i znaleziono w pasie górnym wzdłuż samych kątownic i nawet pod kątownicami rozdarcie pionowej blachy na 14 m długie; nastąpiło ono widocznie wówczas, gdy owo głośne pęknięcie dało się słyszeć, poczem się zwiększało powoli, aż nareszcie dźwigar do tego stopnia się osłabił, że się skurczył i załamał.

Oczywistą jest rzeczą, że gdyby w moście pod Mönchensteinem to samo miało miejsce, to środkowe części dźwigara również zupełnieby zostały zniszczone. Jeśli natomiast przypuścimy, iż pewne rozdarcie pasa miało miejsce w 1881 roku, gdy wskutek podmycia prawego przyczółka most był niejako